

## Il GPS differenziale

### *La rete GeoTIM e il servizio GeoDATA*

**DUILIO CORATELLA**  
**ALESSANDRA CURTO**

*Nel precedente numero della rivista è stato descritto il sistema satellitare GPS, per il posizionamento di precisione di un qualsiasi punto sulla superficie terrestre [1]. È stato anche illustrato il principio della correzione differenziale applicabile alle rilevazioni GPS, che consente di aumentare l'accuratezza dei rilievi. In particolare è stato messo in luce che con tecniche speciali e con ricevitori GPS professionali l'imprecisione passa da valori dell'ordine dei dieci metri a valori submetrici, fino a raggiungere un'accuratezza di qualche centimetro.*

*Questo articolo, che descrive la rete GPS per la correzione differenziale realizzata da Telecom Italia Mobile, denominata GeoTIM, indica i motivi che hanno portato alla realizzazione e alla successiva decisione di offrire ai clienti esterni i dati da essa raccolti.*

*Il servizio commerciale (GeoDATA) è stato lanciato da TIM nel settembre del 2002. Esso è stato inizialmente rivolto a un mercato di nicchia costituito da professionisti quali ad esempio topografi, geometri, ingegneri. Non si esclude per il futuro la possibilità che GeoTIM susciti interesse anche nel settore del Geographic Information System.*

*In un prossimo articolo sarà descritto l'utilizzo della rete GeoTIM anche per scopi interni all'Azienda, in particolare la procedura di misurazione denominata APOGEO, per la quale a TIM è stato concesso lo scorso anno il brevetto internazionale.*

#### 1. Introduzione

Con l'entrata in vigore del Decreto Interministeriale n. 381 del 10.09.1998 (*Regolamento recante norma per la determinazione dei tetti di radiofrequenza compatibili con la salute umana*) si è concretizzata per TIM la volontà strategica di dotarsi delle conoscenze tecniche e della strumentazione necessaria alla georeferenziazione dei propri impianti radio e al controllo delle aree di incidenza dei campi elettromagnetici.

Con questi dispositivi si può determinare per ciascun sito radio il *volume di rispetto*, ossia il volume

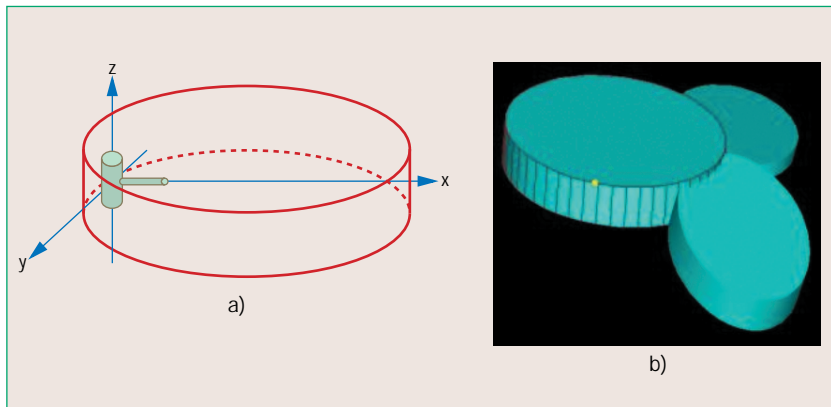
all'interno del quale si hanno valori di campo elettromagnetico superiori a quelli stabiliti dalla normativa di legge e dove non possono, perciò, sostare persone in modo continuativo.

Per ciascun elemento radiante questo volume è assimilabile tipicamente a un cilindro a sezione ellittica, con un asse orientato parallelamente a quello dell'antenna e sfasato (figura 1). L'ellissi ha il proprio asse maggiore orientato come la direzione di massima irradiazione dell'antenna.

Per gli impianti radiomobili, caratterizzati tipicamente dalla presenza di più antenne per ciascuna direzione, il volume di rispetto può essere schema-

tizzato ancor più semplicemente come un parallelepipedo (figura 2).

Per controllare quanto stabilito dal Decreto Legge, occorre verificare che gli edifici pubblici - quali, ad esempio, le scuole e gli ospedali - siano esterni ai suddetti volumi. A questo scopo è possi-



**Figura 1** a) Volume di rispetto geometrico. b) Schematizzazione tridimensionale di un sito relativo a tre settori.

bile utilizzare la strumentazione GPS, che consente di determinare in modo univoco le posizioni delle antenne e degli edifici e, quindi, di valutarne le distanze reciproche. Occorre, infatti, in questi casi, utilizzare la correzione differenziale in quanto non è sufficiente un'accuratezza compresa tra i cinque e i dieci metri.

Con il progredire delle tecnologie radiomobili dal GSM verso l'UMTS, è, inoltre, necessario impiegare stazioni radio con copertura sempre più limitata, la cui posizione sul territorio va definita con un'accuratezza sempre maggiore. Da qui nasce la necessità di impiegare cartografie e misure di posizione in campo sempre più precise e puntuali, per poter affinare gli strumenti di pianificazione in frequenza e di simulazione di copertura radio.

In TIM è, quindi, maturata l'esigenza di avviare un progetto per la creazione di un'infrastruttura di stazioni GPS di riferimento. Nel corso della realizzazione, al crescere del *know how* aziendale su un settore che storicamente non ha costituito il *core business* di un operatore radiomobile, l'azienda ha acquisito la consapevolezza di disporre di una risorsa veramente pregiata, che potenzialmente può focalizzare l'interesse di un mercato professionale ormai maturo.

Il progetto è stato, perciò, ampliato in modo da prevedere l'impiego di un server centrale, denominato PGL (*Piattaforma Gestione Localizzazione*), che costituisce sia il punto di aggregazione dei dati di tutte le stazioni GPS, sia il punto di accesso da parte di clienti esterni e di erogazione dei dati.

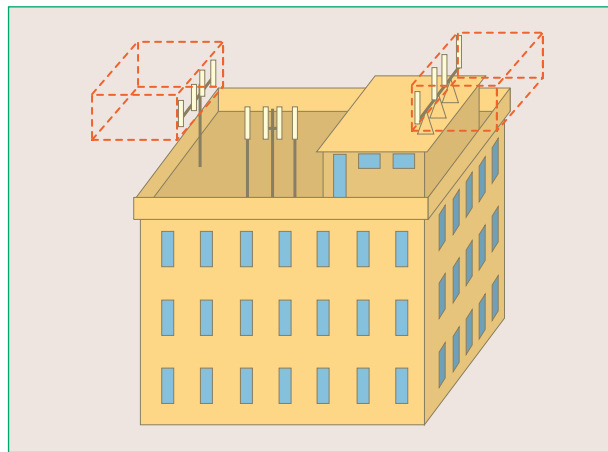
Nel prossimo paragrafo è mostrata l'architettura della rete GeoTIM; nel terzo paragrafo è illustrato il sistema di supervisione degli allarmi, mentre nel quarto è descritta l'integrazione con il sistema di gestione allarmi delle reti di TIM. Nel quinto paragrafo è riportata poi una breve illustrazione della

piattaforma PGL (per un approfondimento sulla PGL si rimanda all'articolo [6] pubblicato in questo stesso numero della rivista, pp. 81-92). Nel sesto paragrafo sono illustrate le attività svolte per garantire alla rete GeoTIM un elevato standard qualitativo. Negli ultimi due sono descritti, infine, rispettivamente il servizio commerciale GeoDATA offerto alla clientela esterna e l'utilizzo interno della rete per la georeferenziazione delle stazioni radio di TIM.

## 2. La rete GeoTIM

Nel 1999, nell'ambito della *Funzione Rete* di TIM, fu avviato il progetto volto alla realizzazione di un'infrastruttura di rete di stazioni di riferimento GPS per la correzione differenziale. La rete avrebbe dovuto coprire l'intero territorio nazionale con un numero di stazioni sufficiente a garantire un'accuratezza media submetrica della misura (dell'ordine di qualche deci-

metro) mediante correzione differenziale (i dettagli tecnici sull'uso di questa tecnica, sono indicati nell'articolo [1]). Nel riquadro a pagina 95 si descrivono le principali tecniche di misura GPS. A quella data il Governo degli Stati Uniti non aveva ancora delibe-



**Figura 2** Schema del volume di rispetto per un sito radiomobile.

rato la soppressione dell'errore denominato con l'acronimo *S/A* (*Selective Availability*). Questo errore era stato introdotto di proposito per limitare, per motivi di sicurezza nazionale, le prestazioni dei ricevitori GPS impiegati in campo civile, per cui l'accuratezza

<sup>(1)</sup> Oltre alle motivazioni descritte in [1], il principale motivo per cui le misurazioni sulla quota sono meno precise rispetto a quelle sul piano sono legate alla differenza tra quota ellissoidica e quota ortometrica, descritta nel riquadro riportato alle pagine 98 e 99.

## TIPOLOGIE PER IL RILIEVO GPS

- *Rilievo statico*: procedura di rilevamento GPS che consente di effettuare misure assai precise, ma che richiede tempi di misura molto lunghi (tipicamente un'ora per punto) [4].
- *Rilievo fast statico o statico veloce*: procedura di rilevamento GPS che consente misure meno precise rispetto alla procedura statica, ma in modo più semplice e veloce [4].
- *Real Time Kinematic o Real Time Surveying*: procedura di rilevamento GPS che consente di effettuare misure molto precise in tempo reale. Utilizza un collegamento radio tra la stazione base ed il ricevitore mobile per lo scambio dei dati di correzione differenziale, che deve avvenire sia sul codice sia sulla fase dei segnali GPS ricevuti [1, 4].

media si aggirava intorno ai 100 metri sul piano (latitudine e longitudine) e ai 170 metri lungo la verticale (quota)<sup>1</sup> [1].

Alla fine del 2002 la rete (nel seguito denominata *GeoTIM*) è costituita da ventitré stazioni GPS, alle quali se ne aggiungeranno quattro nel corso del 2003, come riportato in figura 3. La densità di stazioni è tale per cui un ricevitore GPS *rover* (ossia mobile sul territorio e per il quale occorre affinare la precisione) non dista più di circa 100 km dalla stazione di riferimento più vicina. Questo valore è stato pianificato tenendo in considerazione una legge empirica, nota ai professionisti del GPS: infatti, oltre alle diverse fonti di errore che influiscono sui rilievi GPS (descritti in [1]), la distanza tra il GPS rover e quello di riferimento influisce sull'accuratezza finale in ragione di circa un centimetro per ogni chilometro<sup>2</sup>.

In tabella 1 sono indicati gli indirizzi e le coordinate planimetriche e altimetriche delle ventitré stazioni GeoTIM nel sistema di coordinate *WGS84* (*World Geodetic System 1984*), descritto nel riquadro delle pagine 98 e 99. Le altezze sono misurate rispetto sia alla base sia al centro di fase di ciascuna antenna. Nel riquadro delle pagine 100 e 101, sono specificati i problemi relativi alla misurazione della quota. Le coordinate indicate sono state ottenute a seguito dell'attività di inquadramento - descritta in particolare nel paragrafo 6.1 - della rete GeoTim nel sistema di riferimento *IGM95* (*Istituto Geografico Militare 1995*)<sup>3</sup>. Nel riquadro di pagina 103 è descritta la rete IGM95 ed il suo impiego per la georeferenziazione dei punti.

<sup>(2)</sup> Questa regola empirica non ha un valore assoluto: al crescere della durata della misura cresce la capacità del ricevitore e del software di postelaborazione e correzione differenziale di mediare i valori rilevati in maniera più efficace, eliminando le fluttuazioni a breve termine degli errori. Si pensa, infatti, che utilizzando basi temporali superiori ai tre anni è possibile determinare lo spostamento delle placche terrestri.

<sup>(3)</sup> Alla data di pubblicazione, sono in fase d'installazione ulteriori quattro stazioni GPS nelle zone di Parma, Rimini, Grosseto e Rieti.

Il progetto iniziale della rete prevedeva un utilizzo dei dati di correzione differenziale sostanzialmente rivolto alle esigenze interne della Funzione



Figura 3 La rete GeoTIM.

Rete di TIM. I dati provenienti dalla costellazione satellitare GPS, e ricevuti dalle stazioni di GeoTIM, dovevano essere inoltrati verso un server centrale di raccolta, per essere poi messi a disposizione degli utilizzatori.

Per il trasporto dei dati si è utilizzata l'infrastruttura presistente della rete Intranet aziendale (*TIMNet*). Per la scelta dei siti sono state quindi privilegiate, ove possibile, le sedi territoriali della rete TIM, denominate *PER* (*Presidi di Esercizio della Rete*). A causa della disposizione geografica, e in alcuni casi per le interferenze elettromagnetiche riscontrate nel corso di alcuni sopralluoghi (ad esem-

pio nella città di Napoli), nove delle ventitré stazioni (Brindisi, Castrovillari, Catania, Foggia, Perugia, Salerno, Sassari, Udine, Verona) sono state installate presso altrettante centrali TIM nelle quali non esiste un collegamento alla TIMNet. Per ciascuna di esse è stato necessario prevedere una connessione verso il più vicino PoP TIMNet impiegando un collegamento CDN a 64 kbit/s (figura 4).

I punti di forza della rete GeoTIM possono essere così riassunti:

- *distribuzione uniforme sull'intero territorio nazionale*: la disponibilità da parte di TIM di un elevato numero di stazioni radio distribuite su tutto il territorio (urbano, suburbano, rurale, montano) ha semplificato l'individuazione di siti potenzialmente adatti per l'installazione di una stazione permanente GPS (massima visibilità, assenza di interferenze, stabilità della struttura e dell'edificio, ...). GeoTIM è pertanto, oggi, l'unica rete a copertura nazionale uniforme;
- *inquadramento IGM95*: l'inquadramento della rete GeoTIM è stato affidato dalla TIM al professor Fernando Sansò, Presidente della Società Internazionale di Geodesia e ordinario di Geodesia al Politecnico di Milano (si veda il paragrafo 6.1) ;

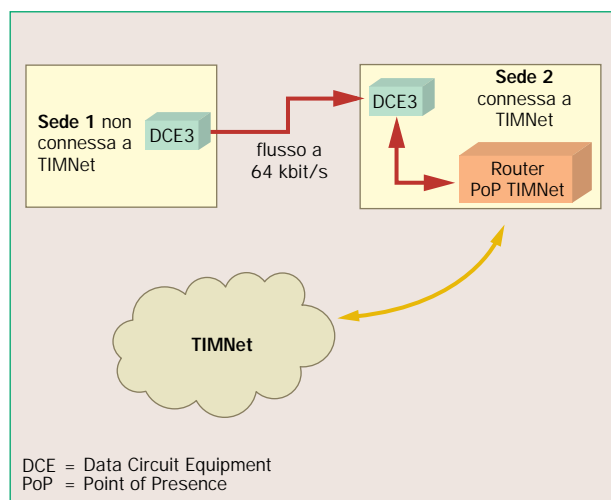


Figura 4 Schema di connessione a TIMNet.

città	indirizzo	latitudine (WGS84)	longitudine (WGS84)	altezza sul livello del mare (*) [m]	altezza del centro di fase [m]
Ancona	Via Caduti del lavoro, 40	43° 34' 04.136"	13° 30' 49.114"	104.46	104.57
Bari	Via delle Violette	41° 06' 14.800"	16° 45' 57.013"	132.85	132.96
Bologna	Via E. Mattei, 102	44° 29' 52.484"	11° 24' 57.166"	116.7	116.81
Bolzano	Viale Duca d'Aosta, 100	46° 29' 44.246"	11° 20' 21.249"	329.275	329.385
Brindisi (**)	Viale S. Giovanni Bosco	40° 37' 35.020"	17° 55' 42.551"	90.047	90.157
Cagliari	Via Monastir	39° 14' 33.739"	9° 05' 46.090"	96.648	96.758
Castrovillari (**)	Via Schiavello (Loc. Giardini)	39° 49' 11.446"	16° 12' 46.702"	420.107	420.217
Catania (**)	Via Nunziatella	37° 30' 33.263"	15° 01' 58.18"	201.08	201.19
Catanzaro	Via Sarrotino	38° 53' 54.235"	16° 31' 54.396"	143.91	144.02
Firenze	Via Giovine Italia, 17	43° 46' 13.112"	11° 16' 09.004"	118.89	119.00
Foggia	Via C. Baffi	41° 27' 41.189"	15° 32' 01.634"	140.12	140.23
Genova	Via Bortolomeo Bianco, 1	44° 25' 41.065"	08° 55' 16.024"	204.7	204.81
Milano	Via Valtorta, 43/45	45° 30' 01.660"	09° 13' 38.784"	182.43	182.54
Padova	Via Settima Strada, 22	45° 24' 55.865"	11° 55' 50.580"	98.89	99.00
Palermo	Via Orsini, 6	38° 07' 52.222"	13° 21' 24.042"	71.28	71.39
Perugia (**)	Via Ponte d'Oddi, 9	43° 07' 29.680"	12° 22' 28.943"	474.26	474.37
Pescara	Via Tiburtina, 419	42° 26' 35.495"	14° 11' 57.675"	58.96	59.07
Roma	Via Faustiniana, 28	41° 56' 15.862"	12° 36' 47.721"	106.55	106.77
Salerno (**)	Via Lanzalone, 50	40° 41' 01.316"	14° 46' 07.892"	117.34	117.45
Sassari	Viale Sicilia, 34	40° 44' 10.635"	08° 33' 27.823"	245.69	245.80
Torino	Via Sestriere, 130/b (Rivoli)	45° 04' 24.985"	07° 33' 21.264"	381.43	381.54
Udine (**)	Via Baldasseria Bassa, 28	46° 02' 58.849"	13° 15' 00.724"	160.76	160.87
Verona (**)	Via Belluzzo, 12	45° 26' 14.066"	11° 03' 05.180"	135.2	135.31

(\*) L'altezza misurata sul livello del mare è relativa alla base dell'antenna  
 (\*\*) Stazione GPS non colocalata con una sede di presidio di Esercizio della Rete di TIM

WGS84 = World Geodetic System 1984

Tabella 1 Indirizzi e coordinate delle stazioni GPS di GeoTIM.

- *certificazione ASI*: alcune stazioni di GeoTIM entreranno a far parte dell'insieme di stazioni che l'ASI (Agenzia Spaziale Italiana) gestisce in ambito EUREF (EUropean REference Frame) (si veda il paragrafo 6.2). L'ASI certificherà con una cadenza settimanale i dati prodotti da GeoTIM, conferendole così una rilevanza internazionale anche in campo scientifico;
- *facilità di interconnessione in rete*: i dati GPS utilizzano la rete Intranet aziendale (dotata di una dorsale trasmissiva con elevata capacità trasmissiva e di un rilevante numero di PoP) che ha consentito l'integrazione delle singole stazioni GPS e la creazione di una rete GPS completa. Una piattaforma di gestione dell'intero sistema permette di concentrare i dati in un unico centro di raccolta, che funge anche da punto di accesso al servizio da parte della clientela;
- *sistema di supervisione della rete*: la supervisione della rete GeoTIM è effettuata con gli stessi criteri seguiti per tutte le altre infrastrutture di rete della TIM: più precisamente nel corso del normale orario di lavoro dai centri di regia a livello territoriale; altrimenti la supervisione è concentrata nel centro di supervisione nazionale (paragrafo 3 e 4);
- *sicurezza del servizio e interventi di manutenzione tempestivi*: la presenza di TIM sul territorio e la capacità di intervento sui siti consentono di rendere molto contenuti i tempi di ripristino delle stazioni, garantendo continuità nella fornitura del servizio;

- *possibilità di fornire dati nei formati standard*: per la correzione differenziale in *post processing* si utilizza il formato standard *RINEX (Receiver INdependent EXchange format)*, mentre in real time si utilizza il formato *RTCM (Radio Technical Commission for Maritime services)* (vedi paragrafi 7.1 e 7.2) [5];
- *modularità*: dal punto di vista tecnico, la rete GeoTIM è ampliabile con facilità se ritenuto necessario.

### 2.1 Le stazioni GPS

Le stazioni di riferimento sono costituite da un ricevitore GPS con elevate prestazioni e da un *server* locale che svolge funzioni di gestione e di interfaccia verso la rete Intranet. Il ricevitore GPS è, a sua volta, costituito da un'antenna GPS installata sulla sommità dell'edificio sede della stazione ed è collegata mediante un apposito cavo al ricevitore vero e proprio situato all'interno del sito.

Nella figura 5 è mostrata un'antenna GPS della Trimble.



Figura 5 Antenna GPS installata a Firenze.

#### 2.1.1 Ricevitore GPS e antenna

Finora sono stati impiegati ricevitori GPS 4700 della Trimble, che presentano le seguenti caratteristiche principali:

- tracciamento mediante dodici canali (quindi possibilità di seguire fino a dodici satelliti contemporaneamente);
- registrazione dei dati interna al ricevitore (fino a 120 ore) o trasferibile in tempo reale su un PC;

<sup>(4)</sup> Il segnale ricevuto è composto da una componente diretta e da una riflessa, generata dai percorsi multipli. Un piano di massa *choke ring* è realizzato mediante diversi anelli conduttori concentrici che circondano il centro di fase dell'antenna, consentendo di cancellare (o di attenuare) la componente riflessa. La cancellazione è in genere più efficace per sorgenti di segnale prossime allo zenith (verticali), mentre è minima se prossime all'orizzonte.

- precisioni nominali per rilievi *statici, fast-statici* con una elaborazione differita (*post-processing*): planimetrica  $\pm 5 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ; altimetrica  $\pm 10 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ ;
- precisioni nominali per rilievi dinamici in tempo reale *RTK (Real Time Kinematic)*: planimetrica  $\pm 1 \text{ cm} + 2 \text{ ppm}$ ; altimetrica  $\pm 2 \text{ cm} + 2 \text{ ppm}$ .

Dal momento che si tratta di ricevitori standard, non si esclude per il futuro l'adozione di apparati di altre marche (ad esempio Leica). L'antenna è di tipo *choke ring*<sup>4</sup> ed è costituita da cinque anelli concentrici. Garantisce la stabilità del centro di fase, una



Figura 6 Stazione GPS di riferimento e antenna *choke ring*.

buona protezione ai cammini multipli e assicura anche la possibilità di tracciare satelliti con un basso grado di elevazione. L'antenna e il ricevitore GPS sono collegati tramite un cavo coassiale RG213 di lunghezza non superiore ai 50 metri (nel caso di distanza maggiore tra antenna e ricevitore sarebbe stato necessario ricorrere a stadi di amplificazione e di rigenerazione del segnale). In figura 6 sono mostrate le foto del ricevitore GPS e dell'antenna *choke ring*, estratte dai rispettivi *data sheet* di prodotto.

#### 2.1.2 Server locale

La stazione GPS è gestita, mediante connessione seriale, da un PC che svolge le funzioni di un server locale. I requisiti minimi del computer sono riportati nella tabella 2.

processore	Intel Pentium II 350 MHz
hard disk	2 dischi da 4,3 Gbyte SMART II Wide Ultra SCSI
memoria RAM	256 Mbyte SDRAM (ECC)
scheda di rete	3Com EtherLink XL COMBO 10 Mbit Ethernet NIC (3C900B-COMBO)
sistema operativo	WinNT server
ventilatore	Sistema di raffreddamento degli hard disk con ventole
modem	Modem-Fax 56 kbps esterno

ECC = Error-Correcting Code memory  
 NIC = Network Interface Card  
 RAM = Random Access Memory  
 SCSI = Small Computer System Interface  
 SDRAM = Synchronous Random Access Memory

Tabella 2 Requisiti minimi dei server locali per le stazioni GPS.

## Superfici di riferimento e datum: il sistema di riferimento WGS84 del GPS

Le superfici di riferimento utilizzate per rappresentare la superficie terrestre sono (figura A):

- l'**ellissoide**: modello matematico della terra;
- il **geode**: superficie equipotenziale della Terra nella quale, cioè, si ha un'uguale forza gravitazionale.

Lo scostamento tra l'ellissoide e il geode viene detto **ondulazione**. Mentre l'ellissoide è una astrazione matematica, il geode è la superficie normale, in ogni punto, alla direzione della verticale, cioè alla direzione della forza di gravità; e corrisponde alla superficie individuata dal livello medio dei mari, resi stazionari dopo aver sottratto l'influenza di maree, correnti, effetti meteorologici e nell'ipotesi ideale che essi possano essere messi in comunicazione tra loro, senza terre emerse.

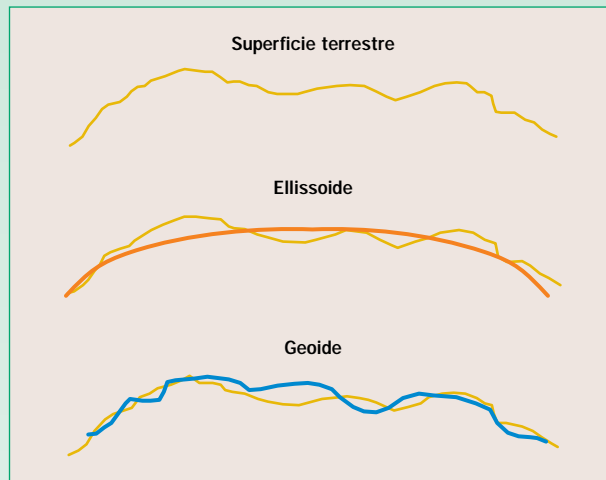


Figura A La superficie terrestre e la sua approssimazione con l'ellissoide e con il geode.

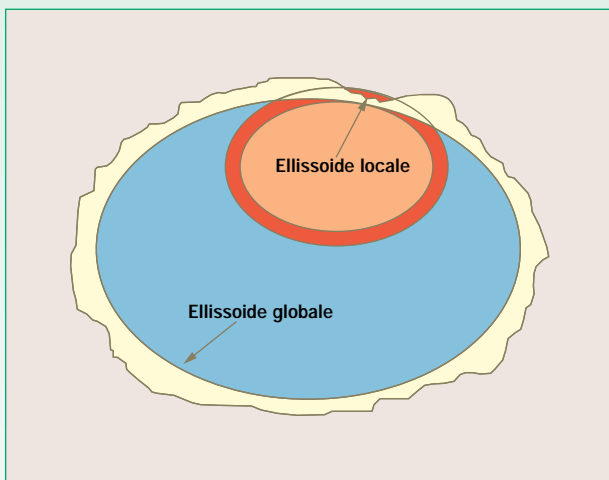


Figura B Geodite, ellissoide globale ed ellissoide locale.

Il geode ha la forma simile a un ellissoide di rotazione schiacciato ai poli, ma la sua superficie non è regolare in quanto essa risente delle differenze di densità di materia che esistono nei diversi punti della terra.

Il **datum** è l'insieme dei parametri di identificazione di un ellissoide con un preciso orientamento nello spazio. Ogni Paese sviluppa un proprio datum in modo da approssimare localmente nel migliore dei modi l'effettiva conformazione della terra definita dal geode, come indicato in figura B.

I parametri del **datum** sono:

- la posizione nello spazio del centro dell'ellissoide (tre parametri di traslazione);
- l'orientamento nello spazio dell'ellissoide (tre parametri di rotazione);
- il semiasse equatoriale e lo schiacciamento dell'ellissoide (due parametri).

Per passare da un datum all'altro occorrono sette parametri: tre traslazioni, tre rotazioni e un fattore di scala.

Il sistema GPS fornisce la posizione su un ellissoide con un datum particolare detto **WGS84 (World Geodetic System 1984)**, valido in tutto il mondo. La cartografia europea utilizza l'ellissoide di Hayford con il datum **ED50 (European Datum 1950)**. La cartografia Italiana Gauss-Boaga utilizza l'ellissoide di Hayford con il datum Roma40. Uno stesso punto sulla superficie terrestre può quindi avere coordinate differenti, in funzione del datum utilizzato.

**WGS84 è un sistema cartesiano ortogonale che ha l'origine nel baricentro terrestre (figura C). L'asse Z è parallelo alla direzione del polo convenzionale terrestre definito dal BIH (Bureau International de l'Heure); l'asse X è definito dall'intersezione del piano meridiano di riferimento (parallelo al meridiano zero definito dal BIH) con il piano equatoriale terrestre; l'asse Y giace sul piano equatoriale terrestre ed è ortogonale all'asse X [4].**

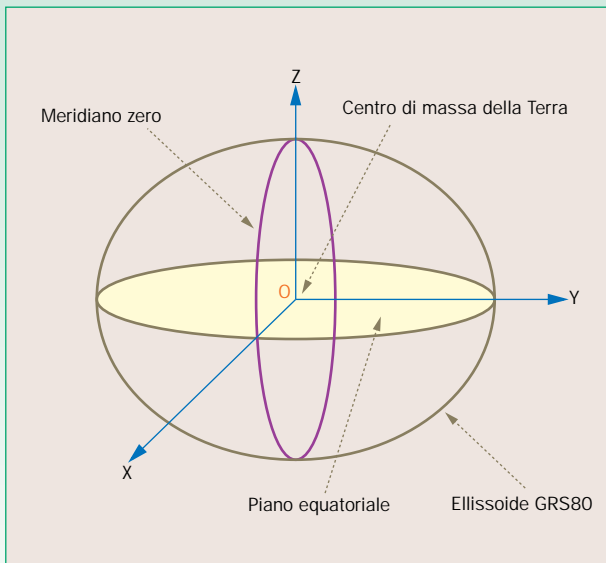


Figura C Il sistema di riferimento WGS84.

**In questo sistema tutte le posizioni (sia quelle degli stessi satelliti della costellazione GPS, sia quelli dei punti sulla superficie terrestre) sono individuati da una terna di coordinate (x, y, z).**

**Al sistema è associato l'ellissoide di riferimento globale GRS80 (Geodetic Reference System 1980), che ha la stessa origine del sistema WGS84 e forma e dimensioni tali da approssimare globalmente al meglio la reale superficie terrestre. A questo scopo, l'ellissoide è definito da due insiemi di parametri [6]: i primari definiscono la**

**forma di un globo terrestre equivalente, la sua velocità angolare e la relativa massa. I secondari forniscono un modello particolareggiato dell'andamento del campo gravitazionale, che varia a seconda della distribuzione della densità di materia. L'ellissoide GRS80 è quello che, nel suo insieme, è più simile come superficie a quella del geode di riferimento, utilizzato in topografia e geodesia [4].**

In figura 7 è riportato uno schema della struttura di una delle stazioni della rete GeoTIM, con i particolari delle porte di connessione tra il ricevitore GPS e il server locale.

Il ricevitore GPS dispone, in particolare, di un ingresso per i dati e di tre porte di comunicazione. La prima (P1) effettua il trasferimento delle misure, ricevute dai satelliti, nel formato proprietario Trimble denominato TRS (Trimble Reference Station) verso il database locale su hard disk. La seconda (P2) trasferisce i dati di correzione differenziale nel formato standard RTCM [5] verso la piattaforma centralizzata. La terza (P3) trasmette gli allarmi nel formato NetNMEA<sup>5</sup> verso il sistema di supervisione.

La frequenza di memorizzazione dei dati GPS ricevuti dai satelliti, impostabile da utente, è stata inizialmente fissata a 1 secondo, con la raccolta dei dati effettuata mensilmente. Ogni server memorizza localmente i dati ricevuti con continuità dai satelliti

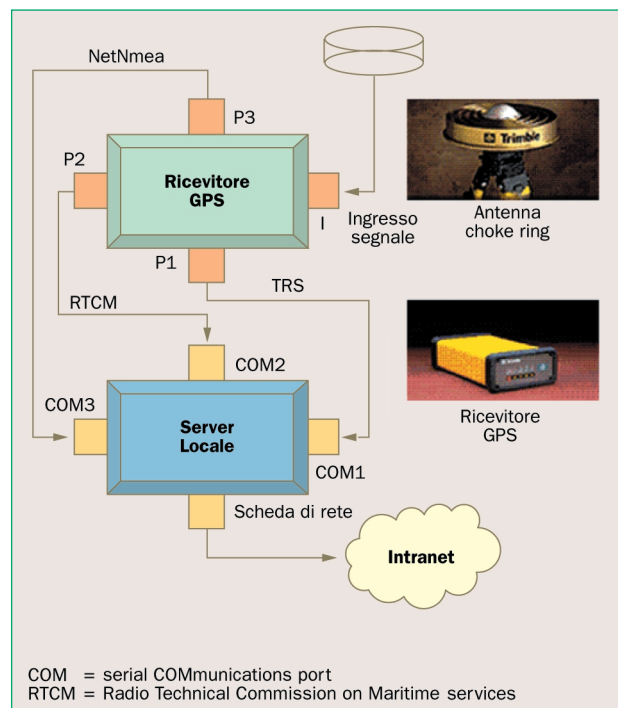


Figura 7 Struttura di una stazione della rete GeoTIM.

<sup>(5)</sup> NMEA (National Marine Electronics Association) è un protocollo standard utilizzato dai ricevitori GPS per trasmettere dati. NetNMEA è un acronimo utilizzato in letteratura per indicare che il trasporto dei dati avviene utilizzando il protocollo UDP su una rete dati a pacchetto.

## Il problema della determinazione della quota

Le coordinate cartesiane  $x$  e  $y$  del GPS sono convertite, mediante opportune formule di trasformazione, in coordinate geografiche (latitudine Nord riferita all'equatore, longitudine Est riferita al meridiano zero di Greenwich), tutte relative all'ellissoide di riferimento GRS80, descritto nel riquadro riportato alle pp. 98-99). Anche le quote determinate dai ricevitori GPS sono riferite alla superficie dell'ellissoide.

Mentre la trasformazione è piuttosto agevole sul piano, essa risulta piuttosto complessa per quanto riguarda la quota.

Come già chiarito nel riquadro riportato alle pp. 98-99, la quota  $z$  GPS (indicata con la lettera  $h$ ) è riferita all'ellissoide GRS80, diversamente dalle quote dei punti (quote topografiche o ortometriche) che sono riferite in genere al livello medio dei mari (usando l'acronimo s.l.m.), approssimato dalla superficie del geoide, come schematizzato in figura A (dove  $N$  è il valore dell'ondulazione del geoide,  $H$  è la quota ortometrica del punto  $P$  riferita al geoide ed  $h$  è la quota ellissoidica fornita dal GPS).

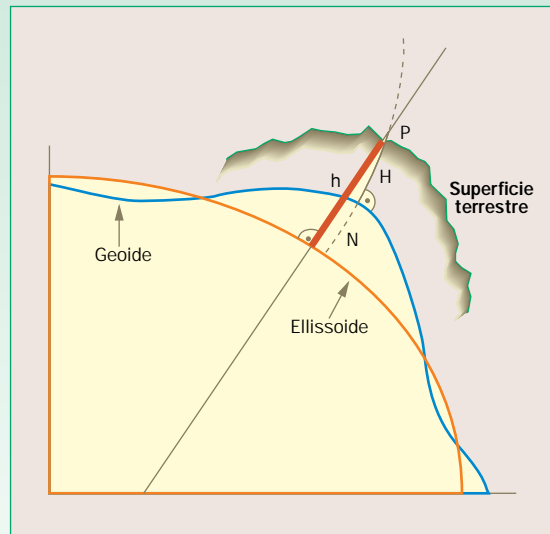


Figura A Quota ellissoidica e ortometrica del punto  $P$ :  $h = N + H$ .

e provvede al controllo della qualità che essi presentano. In più, ogni server locale provvede a trasferire

i dati di correzione differenziale verso la piattaforma centralizzata PGL (par. 5).

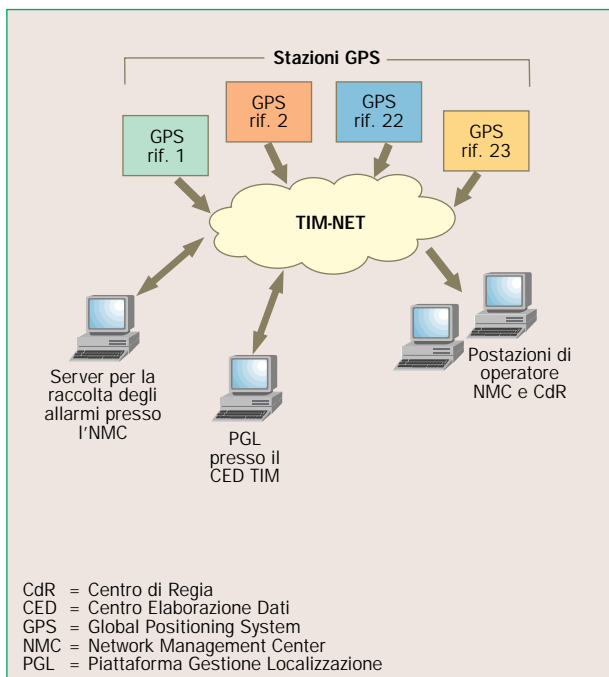


Figura 8 Schema del sistema di supervisione della rete GPS.

### 3. Il software di gestione e manutenzione della rete GeoTIM

Ogni stazione è connessa tramite la rete TIMNet a un server di raccolta degli allarmi. Il sistema di supervisione, il cui schema architetturale è mostrato in figura 8, trasferisce gli allarmi, tramite il protocollo NetNMEA, dalle stazioni di riferimento a un server di raccolta degli allarmi.

Gli allarmi, raccolti e visualizzati tramite un applicativo proprietario della Nikon Instruments denominato GPStar, possono essere controllati da postazioni di operatore, disponibili presso i CdR (Centro di Regia) e presso l'NMC (Network Management Center) di TIM.

Le attività di gestione delle stazioni GPS possono essere effettuate da una postazione remota tramite un'apposita pagina Web accessibile da un qualsiasi PC connesso alla rete Intranet sul quale vengano installati gli applicativi *Internet Explorer* e *PCAnywhere*, oppure possono essere eseguite localmente utilizzando il server locale della stazione permanente.

Il software che gestisce la stazione GPS permette di impostare le modalità di archiviazione dei dati e, anche, di configurare e di controllare il funzionamento del ricevitore.



Per convertire le quote ellissoidiche  $h$  rilevate dal GPS in quote geodetiche occorre sottrarre il valore dell'ondulazione  $N$  del geoido nella zona di misura.

Bisogna, perciò, riferirsi a punti noti per i quali siano stati calcolati entrambi i valori (ad esempio, ai punti della rete geodetica italiana definita IGM95 e descritta nel riquadro di pagina 105).

Il problema della distinzione tra quota ellissoidica del GPS e quota ortometrica o geoidica è particolarmente subdolo: non avendo chiara la distinzione, si possono correre grandi rischi. Si supponga, infatti, di voler realizzare una condotta di un acquedotto tra due punti molto distanti tra loro, utilizzando a questo scopo unicamente un ricevitore GPS. Potrebbero verificarsi casi in cui, pur avendo misurato e scelto due punti A e B in modo che l'acqua vada da A a B, nella pratica osserveremmo che l'acqua scorre in verso contrario, da B ad A! Poiché il percorso effettivo di un liquido deve naturalmente sempre andare nel verso che ne fa diminuire l'energia potenziale secondo linee del campo di forza gravitazionale (ossia da un punto più alto ad un punto più basso), come si spiega l'apparente paradosso?

La soluzione sta nel fatto che la vera altezza dei due punti è quella geoidica, ossia deve essere riferita alla superficie che approssima al meglio la reale superficie terrestre, e soprattutto che si tenga in considerazione l'effettivo andamento della forza di gravità. La superficie terrestre non è una sfera perfetta e risente della distribuzione della densità di materia che compone la crosta terrestre, per cui le linee di forza del campo gravitazionale non sono tutte radiali, ma localmente possono anche non essere dirette verso il centro della Terra.

Queste considerazioni non sono scoperte di oggi. Gli antichi romani, oltre duemila anni fa, hanno infatti realizzato acquedotti sfruttando la sola forza di gravità, spostando l'acqua dai confini dell'impero fino a Roma per centinaia di chilometri e calcolando pendenze di circa l'un per cento per ogni chilometro. E senza far uso di GPS!

Esso è costituito dai seguenti prodotti:

- *TRS (Trimble Reference Station)* che è il software realizzato dalla Trimble per il governo del ricevitore GPS che gestisce anche il trasferimento dei dati dal ricevitore al PC di stazione;
- *GPStar* che è costituito dal software realizzato dalla Trimble per gestire il trasferimento dei dati dal PC di stazione al server degli allarmi e alla PGL, impiegando il protocollo NetNMEA;
- *PcAnywhere* che è il software commerciale che consente di agire da una postazione remota sul PC di stazione per attività di manutenzione e di gestione delle singole stazioni permanenti.

Nel riquadro riportato alle pp. 102 e 103 si descrivono in dettaglio i prodotti TRS e GPStar.

#### 4. Integrazione con il Network Management System di TIM

L'*NMS (Network Management System)*, utilizzato da TIM per la supervisione delle infrastrutture di rete, è un sistema funzionante in ambiente multi-vendor.

L'integrazione del sistema di supervisione della rete GeoTIM nel NMS consente di ricevere eventi generati da disservizi della rete GPS e di visualizzarli direttamente sui terminali di NMS, permettendo così maggiori sinergie tra le due reti e una migliore gestione della supervisione.

Nel sistema di integrazione è previsto l'inserimento di un modulo per l'acquisizione di dati GPS sul sistema NMS (figura 9). Esso offre l'opportunità di accedere attraverso il protocollo FTP al sistema GPStar Server, nel quale i *file* degli allarmi sono memorizzati in appositi archivi: uno per stazione. L'operazione di accesso permette al sistema NMS di recuperare tutte le informazioni necessarie alla corretta acquisizione degli allarmi.

Il sistema NMS traduce, quindi, gli allarmi ricevuti dal modulo per l'acquisizione dei dati GPS nel formato conforme allo standard, che risponde alla raccomandazione ITU-T X.733. Gli allarmi, memorizzati dal *mediation device* di NMS, seguono poi il

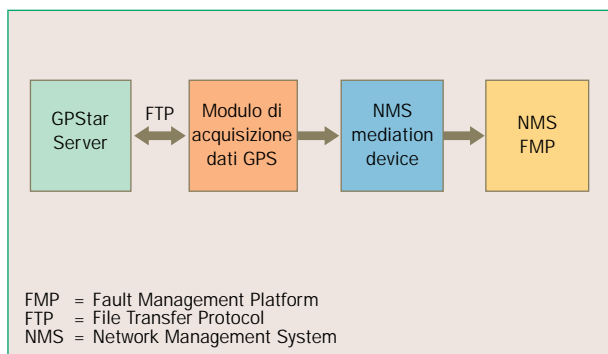


Figura 9 Schema del sistema di supervisione della rete GPS.

## Il software di gestione e manutenzione della rete GeoTIM

La rete GeoTIM è supervisionata mediante due software di gestione e manutenzione, di seguito descritti.

Il TRS è il software proprietario *Trimble* installato nel server locale. Esso è utilizzabile in ambiente Windows '95, '98 e NT e gestisce le configurazioni software e hardware di una stazione di riferimento.

Il software consente di:

- configurare le porte del PC connesso alla stazione GPS di riferimento;
- definire alcuni parametri del ricevitore e dell'antenna;
- configurare il ricevitore per l'eventuale trasmissione dati con modalità *real time*;
- raccogliere i dati provenienti dal ricevitore (codice, fase, effemeridi, ...) e convertirli in *file* di formato proprietario (Dat, Ssf) o standard (RINEX);
- memorizzare i *file* in formato Dat, Ssf e RINEX sul PC di gestione della stazione permanente, definendo: il tipo di dati da memorizzare, la frequenza di campionamento, il tipo di compressione da utilizzare, il nome dei *file* in cui i dati devono essere memorizzati, il tempo oltre il quale questi *file* possono essere automaticamente cancellati.

Il software *GPStar* è un'applicazione *client-server*, che raccoglie, gestisce e trasferisce gli allarmi di tipo NMEA, e permette, così, di controllare lo stato delle stazioni.

Esso provvede, inoltre, a trasferire i file di dati, generati dal ricevitore GPS, dal PC locale alla piattaforma per la gestione della localizzazione.

Il software *GPStar client* è installato su ciascun server locale delle ventitré stazioni permanenti GPS, e tramite un'interfaccia grafica consente di selezionare tre funzioni: *file, service, view*.

Con questi menù è possibile definire:

- le soglie degli allarmi, superate le quali è inviato un allarme verso il server e la classe di severità (da 0 a 5) associata a ciascun allarme; il nome, il codice identificativo e la posizione della stazione (la latitudine, la longitudine e l'altezza nel sistema WGS84);
- l'intervallo di tempo che intercorre fra la generazione di un *file* degli allarmi o dei dati e il suo invio al server degli allarmi e alla PGL;
- gli indirizzi IP a cui trasferire i *file* degli allarmi e dei dati;
- i *file* da trasferire dal server locale (Client) a quello degli allarmi e alla PGL;
- l'archivio da cui GPStar Client preleva i *file* che sono poi trasferiti alla PGL;
- i dati per configurare le connessioni fra le porte seriali del PC di stazione e del ricevitore.

Mins since last	fix non riuscito (tempo, espresso in minuti, intercorsi dall'ultimo fix*)
Coord MT Tolerance	errore planoaltimetrico (espresso in metri, è la distanza tra le coordinate impostate sul ricevitore - ottenute mediante l'inquadramento IGM95 - e le coordinate misurate in tempo reale dal ricevitore)
Sats in view less than	satelliti in vista (numero di satelliti in visibilità)
S/N less	rapporto segnale/rumore (in dB)
Elevation mask	limite sull'elevazione del satellite (espresso in gradi e riferito all'orizzonte)
PDOP	riduzione della precisione dovuta alla disposizione nello spazio dei satelliti
HDOP	componente sul piano orizzontale del PDOP

(\*) Condizione che si verifica nel momento in cui il ricevitore riesce a risolvere le ambiguità iniziali [1], a determinare cioè la fase iniziale del segnale proveniente dal satellite, e a fornire quindi le coordinate geografiche con un'alta precisione.

HDOP = Horizontal Dilution Of Precision  
PDOP = Position Dilution Of Precision

Tabella A Allarmi previsti sul software GPStar per la gestione della rete GeoTIM.

Possono essere in particolare definite le soglie degli allarmi relativi alla disposizione della costellazione dei satelliti visibili dal ricevitore GPS. Dopo il superamento delle soglie per gli allarmi l'operatore addetto alla supervisione non può normalmente intraprendere alcuna azione. Il verificarsi contemporaneo di alcuni allarmi può tutta-

- L'ora e la data in cui il ricevitore ha fatto il fix l'ultima volta (last fix time, last fix date); i valori di latitudine, longitudine, posizione e altezza del ricevitore misurati in tempo reale (*lat, lon, X, Y, heigh*), i valori impostati per il satellite (StatLat, StatLon, StatX, StatY, StatH) e la differenza fra tali valori (DX, DY, DZ); i dati sui satelliti in visibilità (PDOP, HDOP, numero di satelliti utilizzati); l'informazione sulla bontà del segnale ricevuto (Quality).
- L'identificativo del satellite, El (elevazione), Az (azimut) e rapporto S/N (segnale/rumore) misurati per ciascun satellite; il numero dei satelliti agganciati dal ricevitore (*Sats in view*).
- I file generati dal ricevitore (Dat, Log, RINEX1, RINEX5, RINEX15, RINEX30, Almanac, Ssf).
- I file generati dal ricevitore non ancora inviati alla PGL.
- I file trasferiti con successo alla PGL.

HDOP = Horizontal Dilution Of Precision  
 PDOP = Position Dilution Of Precision  
 PGL = Piattaforma Gestione Localizzazione  
 RINEX = Receiver INdependent EXchange format

Tabella B *Ulteriori parametri gestiti dal software GPStar.*

**Markup Language**) di monitoraggio delle stazioni, visualizzabile tramite browser Web.

Con l'applicativo Internet Explorer, inserendo un indirizzo e fornendo una user ID e una password, si accede alla *home page* dell'applicativo GPStar, che mostra la pagina per il controllo dello stato delle stazioni (figura A).

La *home page* contiene alcune icone che mediante diversi colori indicano lo stato delle stazioni. Attraverso le icone è possibile controllare il corretto funzionamento della stazione, ricevere eventuali allarmi non ancora controllati o già acquisiti, oppure rilevare se la stazione è momentaneamente soggetta a manutenzione.

È anche possibile verificare il corretto trasferimento dei file e il funzionamento degli applicativi utilizzati nella loro generazione, tenendo traccia degli eventi registrati in un arco di tempo definito dall'operatore.

In più, mediante il *GPStar server* è possibile ottenere informazioni presenti nella stazione remota (latitudine, longitudine, altezza, posizione del ricevitore misurate in tempo reale), informazioni sui satelliti in visibilità (elevazione, azimut, rapporto segnale/rumore) e informazioni sulla qualità del segnale ricevuto (Quality, PDOP, HDOP).

Oltre agli allarmi prima descritti che segnalano condizioni anomale nella disposizione della costellazione dei satelliti, sono stati aggiunti altri cinque allarmi: *errore nella ricezione seriale*, che consente di rilevare una mancata connessione delle porte seriali del PC con una delle porte seriali del ricevitore GPS; *errore nella ricezione RTCM*, che mette in evidenza l'indisponibilità dei dati di correzione differenziale in tempo reale o quella dell'applicativo che rende disponibili questi dati (*errore socket*); *errore per mancata connessione* ovvero *errore per mancato invio dei file* di dati dalle stazioni verso la PGL, la piattaforma di gestione della localizzazione.

via essere indice di un guasto del ricevitore. Gli allarmi previsti sono riportati in tabella A.

Dai menù sopra menzionati è possibile anche controllare altri parametri, riportati nella tabella B.

Il software *GPStar server* è il software installato sul server di raccolta degli allarmi. Esso consente di monitorare lo stato delle stazioni, di rilevare eventuali malfunzionamenti; di inserire e disinserire stazioni di riferimento da controllare; di modificare i dati relativi alle stazioni esistenti.

Il *GPStar server* preleva gli allarmi da un archivio definito e li dispone in formato di pagina *HTML (HyperText Markup Language)* di monitoraggio delle stazioni, visualizzabile tramite browser Web.

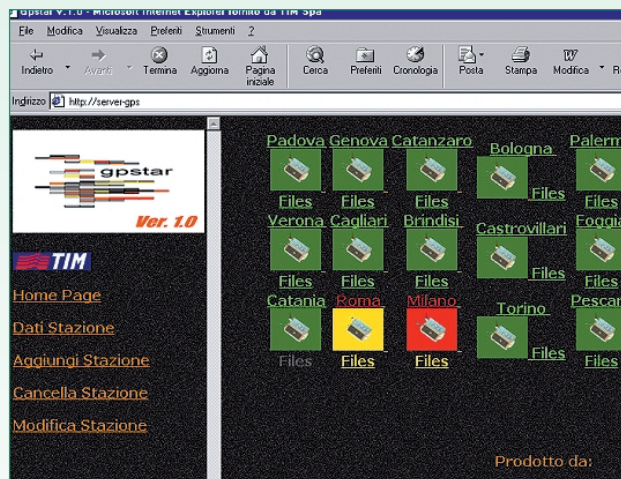


Figura A *Home page per il monitoraggio delle stazioni GPS.*

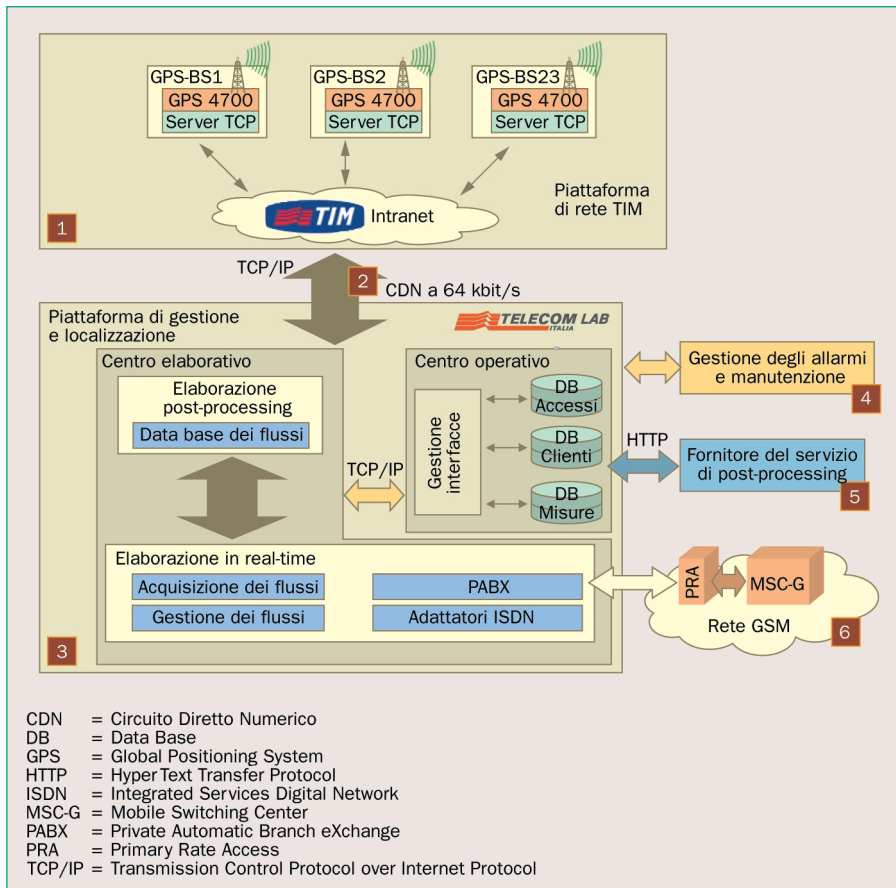


Figura 10 Architettura semplificata della PGL.

flusso standard fino al *FMP (Fault Management Platform)* e, quindi, agli operatori responsabili della supervisione.

Il sistema NMS dà la possibilità, anche, di visualizzare gli allarmi del sistema GPS sugli *alarm viewers* e consente di rappresentare sulla mappa lo stato dei servizi monitorati dal GPS.

### 5. La piattaforma per la gestione della localizzazione

Parallelamente alla realizzazione della infrastruttura GPS è stata avviata la progettazione di una piattaforma per la raccolta e l'accesso ai dati da parte di potenziali clienti esterni.

Come mostrato in figura 10, la *PGL (Piattaforma per la Gestione della Localizzazione)* è costituita da un centro elaborativo e da un centro operativo ed è dotata di due interfacce: la prima verso la rete IP, mediante il protocollo *HTTP (HyperText Transfer Protocol)*; la seconda verso la rete radiomobile GSM. Per il secondo tipo di interconnessione la PGL utilizza flussi dedicati a 2 Mbit/s collegati alle terminazioni *PRA (Primary Rate Access)* dei due MSC di transito di Roma della rete GSM TIM. Il centro elaborativo riceve i dati dalle ventitré stazioni GPS, sia sotto forma di file RINEX sia come flusso continuo RTCM, e li duplica nel caso di più di un accesso contemporaneo.

Come la rete delle stazioni GPS, anche l'architettura della PGL è modulare in modo da fronteggiare un'eventuale crescita del mercato.

Per una descrizione dettagliata della PGL si rimanda all'articolo [6] pubblicato in questo stesso numero della rivista alle pp. 81-92.

### 6. Certificazioni di qualità della rete GeoTIM

Analogamente a quanto avviene per ogni infrastruttura di telecomunicazione, che deve rispondere a specifici requisiti definiti dai criteri di standardizzazione internazionale, anche per GeoTIM è stato necessario caratterizzare l'infrastruttura di rete verificando la rispondenza con alcuni requisiti di qualità.

Per i sistemi di misura GPS in Italia, il requisito fondamentale dal punto di vista commerciale è l'inquadramento nel sistema IGM95.

Un secondo requisito consiste invece nella rispondenza ai canoni utilizzati in ambito scientifico internazionale. Nei due sottoparagrafi che seguono si descrivono le due principali azioni svolte per assicurare che le prestazioni della rete GeoTIM possano avere una validità ufficiale e valenza scientifica.

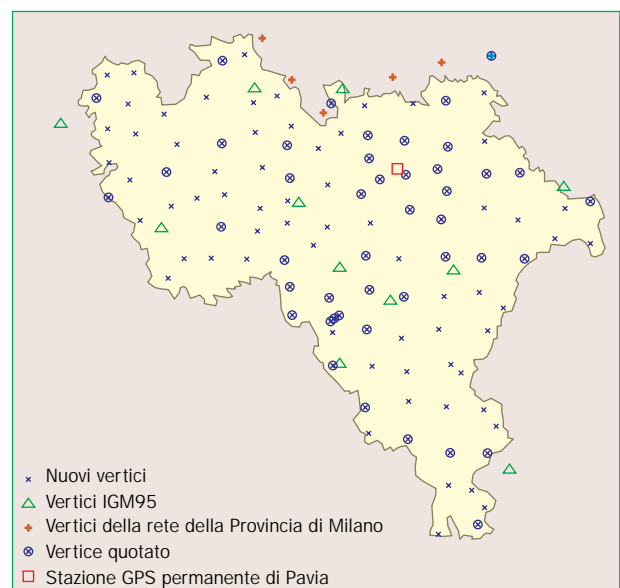


Figura 11 Infitto dei punti con coordinate note per la rete GPS nella provincia di Pavia.

## La rete IGM95 e la georeferenziazione di un punto GPS

L'IGM (Istituto Geografico Militare), utilizzando strumentazione GPS, ha completato nel 1995 il rilievo di una rete geodetica di circa 1.150 vertici tridimensionali di elevata precisione diffusi su tutto il territorio nazionale, nota con l'acronimo IGM95 (figura A).

La distanza tra i vertici della rete è in media di circa 10 km mentre la distanza massima è di 20 km. In questo modo si ha all'incirca un punto ogni 300 km<sup>2</sup>.

Per ogni punto IGM95 sono fornite:

- le coordinate geografiche e piane nel sistema internazionale WGS84;
- le coordinate geografiche e piane nel sistema nazionale Roma40;
- sette parametri per effettuare la "rototraslazione" dal datum WGS84 a quello nazionale Roma40;
- la quota ellissoidica;
- la quota sul livello del mare (la differenza fra queste due ultime quote fornisce l'ondulazione del geoida sull'ellissoide per la trasformazione delle quote GPS).

I sette parametri di ogni vertice IGM95 consentono di georeferenziare (ossia di riportare su una mappa cartografica) un punto, effettuando la trasformazione delle coordinate misurate mediante GPS in quelle nazionali con un'approssimazione del centimetro, per punti posti entro 10 km dal vertice utilizzato. Nel caso in cui il rilievo GPS venga effettuato in zone intermedie tra più vertici IGM95, occorre utilizzare tre vertici IGM95 che racchiudono la zona, e determinare i sette parametri medi della zona interessata.

La rete IGM95 è collegata con le altre reti europee e mondiali: dieci punti sono stati infatti posizionati su altrettanti vertici della rete EUREF (si veda il paragrafo 6.2) e altrettanti sono stati fatti coincidere con i punti delle analoghe reti geodetiche costruite dai Paesi confinanti con il nostro. Inoltre, all'incirca quattrocento punti sono stati collegati dal punto di vista altimetrico ad altrettanti capisaldi della rete di livellazione di alta precisione e sono pertanto caratterizzati anche da una quota geoidica.

Nella determinazione della quota di un punto rilevato con il GPS, i suddetti capisaldi consentono di passare dalla quota ellissoidica GPS alla quota ortometrica o geoidica sul livello del mare (come descritto nel riquadro riportato alle pagine 100 e 101).

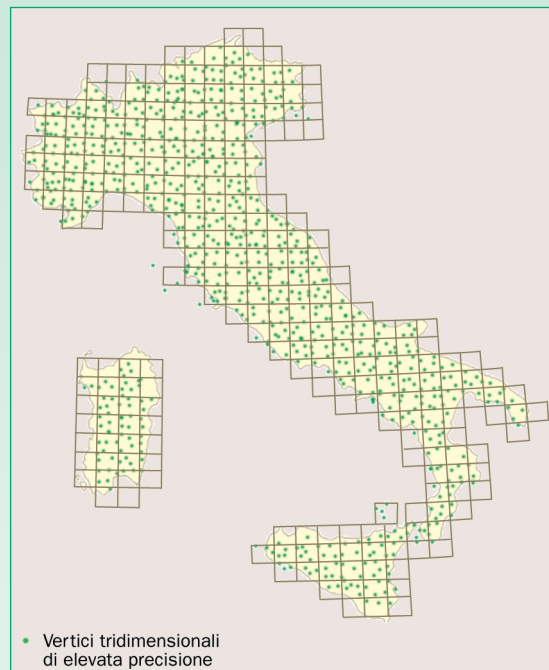


Figura A I punti della rete geodetica IGM95.

### 6.1 L'inquadramento di GeoTIM nel sistema IGM95

Per risultare di interesse per la clientela esterna, la rete GeoTIM deve rispondere a precisi requisiti di qualità e, primo fra tutti, deve presentare la caratteristica di essere inquadrata nel sistema di riferimento utilizzato a livello nazionale, denominato IGM95.

Il sistema, realizzato nel 1995 dall'Istituto Geografico Militare, è costituito da circa 1.150 punti di coordinate note, diffusi sull'intero territorio nazionale e utilizzati come capisaldi per tutte le

misurazioni sul territorio (vedi il riquadro che compare in questa pagina). I singoli punti sono riportati sulle cartine che lo stesso Istituto mette a disposizione degli utilizzatori. In molti casi le amministrazioni locali, per poter disporre di un numero di punti superiore, affida ai propri studi tecnici o ai colleghi professionali ovvero alle Università le attività di infittimento di questi punti.

In figura 11 è mostrata la crescita dei capisaldi con coordinate note eseguita dall'Università di Pavia e riportato su Internet [2].

Per riportare un punto generico su una mappa cartografica occorre posizionarsi sul punto ed effettuare (mediante strumentazione ottico-meccanica, o mediante GPS) misure di distanza da un certo numero di capisaldi prossimi al luogo di misura; georeferenziare, successivamente, il punto in questione mediante tecniche di triangolazione.

TIM ha affidato l'inquadramento IGM95 di GeoTIM alla società Nikon Instruments (la stessa azienda che ha fornito l'hardware e il software della rete). La postelaborazione dei dati è stata effettuata dal Politecnico di Milano, sotto la supervisione del professor Fernando Sansò.

Per ciascuna stazione GPS è stata prodotta una monografia che riporta una descrizione del sito, un rapporto sulle misure effettuate per l'analisi e le coordinate della stazione nei sistemi di coordinate WGS84 e Gauss-Boaga.

Sono stati prodotti infine due rapporti tecnici che riassumono le indagini svolte, fornendo una caratterizzazione di qualità per l'intera rete GeoTIM

### 6.2 La certificazione prodotta dall'Agenzia Spaziale Italiana

Per garantire ulteriormente la qualità della rete GeoTIM, TIM ha di recente stipulato una convenzione con l'ASI (Agenzia Spaziale Italiana), attraverso il CGS (Centro di Geodesia Spaziale) di Matera.

L'accordo di collaborazione prevede che l'ASI utilizzi i dati provenienti dalla costellazione GPS e raccolti da alcune stazioni della rete GeoTIM per integrarli con quelli delle proprie stazioni. Le stazioni GPS controllate da ASI, alcune delle quali di proprietà di Università, Enti di ricerca, Scuole Superiori e Enti locali, sono inserite nel sistema ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) definito dall'EUREF (EUropean REference Frame), che è una Commissione della Ue [3]. Con questo accordo si vogliono effettuare congiuntamente studi nel campo delle deformazioni tettoniche della crosta terrestre nell'area del Mediterraneo e in quello relativo al monitoraggio delle variazioni del livello del mare.

In figura 12 è riportata la distribuzione sul continente europeo delle stazioni ETRS89 (fonte: [3]).

Inoltre l'ASI, nell'ambito del progetto MAGIC (Meteorological Applications of GPS Integrated Column water vapor measurements in the Mediterranean), collabora per studi sperimentali di meteorologia mediante GPS.

L'ASI effettua, in cambio, con cadenza settimanale, una postelaborazione dei dati GPS campionati ogni 30 secondi (analogamente a quanto fatto per tutte le stazioni da essa gestite), misurando così la qualità dei dati rilevati. In più, l'ASI effettua una volta l'anno un sopralluogo in ciascuna stazione di GeoTIM, verificandone la stabilità.

## 7. Il servizio GeoDATA offerto al mercato

L'architettura del sistema, descritta nei precedenti paragrafi, è stata ottimizzata da TIM per erogare un servizio alla clientela esterna. Il servizio,

denominato GeoDATA, è stato lanciato commercialmente nel settembre 2002.

La disponibilità di un'infrastruttura nazionale per il posizionamento di precisione permetterà all'Azienda di essere presente in nuovi segmenti di mercato relativi a numerosi settori quali, ad esempio:

- il mapping GIS (Geographic Information System) e, cioè, la realizzazione di database georeferenziati molto accurati con informazioni relative, per esempio, alla distribuzione sul territorio di punti di interesse o alla presenza di risorse (quali le fermate degli autobus, le cassette postali, i cartelloni pubblicitari, ...);
- i rilievi topografici e catastali;
- le misure relative alla realizzazione di grandi infrastrutture quali, per esempio, dighe, ponti, ferrovie, autostrade;
- la gestione delle reti tecnologiche e, in particolare, la localizzazione di contatori e di saracinesche idriche, di condotte e canalizzazioni per la distribuzione di acqua, energia elettrica, gas, telecomunicazioni;
- la gestione delle risorse naturali e ambientali come, per esempio, la precisa localizzazione di sorgenti d'acqua e di pozzi, indagini sulla distribuzione territoriale di colture e di risorse arboree, indagini batimetriche di fiumi e laghi;
- la logistica e i trasporti intelligenti (quali, per esempio, la gestione automatizzata dei container in un centro di smistamento ferroviario, marittimo o aereo);
- la navigazione di precisione quale, per esempio, la guida stradale con precisione metrica.

Come è stato già accennato in precedenza, descrivendo l'architettura della PGL, i dati GPS per la correzione differenziale sono forniti ai clienti del

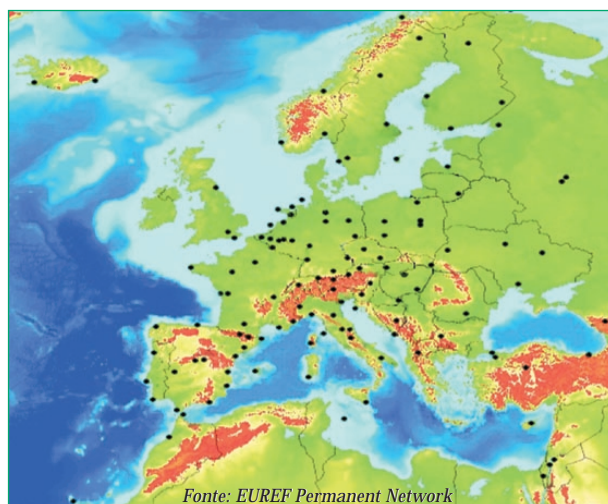


Figura 12 La rete EUREF.

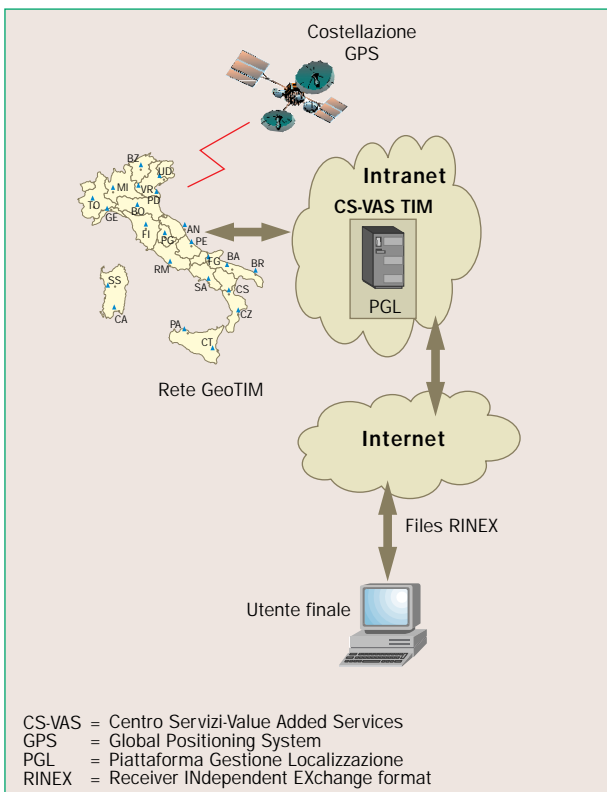
servizio secondo le due rappresentazioni già utilizzate dai professionisti che fanno uso di strumentazione GPS differenziale, descritti nei punti seguenti.

### 7.1 Servizio post processing

Il servizio è utilizzabile dai professionisti che effettuano i rilievi GPS con lo strumento portatile (*rover*), registrando la sessione di misura. Dalla propria postazione Internet, il cliente si connette, successivamente, a un sito dal quale scarica i file contenenti i dati di correzione differenziale. Mediante un apposito software, postelabora quindi le misure prese sul campo, migliorando l'accuratezza dei dati rilevati.

Le stazioni GPS della rete GeoTIM inviano periodicamente verso la PGL i file orari contenenti i dati di correzione differenziale, codificati secondo lo standard internazionale RINEX (*Receiver INdependent EXchange format*).

Il servizio GeoDATA Post Processing (figura 13) consente al cliente di connettersi tramite accesso Internet (in *dial-up* da PSTN o, eventualmente, mediante un accesso alla rete GPRS di TIM) al sito [www.business.tim.it](http://www.business.tim.it).



**Figura 13** Architettura del servizio GeoDATA nell'elaborazione in differita (post processing).

Dopo la fase di autenticazione (inserimento di User-Id e Password), il cliente accede a una pagina sulla quale può:

- selezionare la stazione GPS di interesse (figura 14);
- scegliere la frequenza di campionamento del dato tra 1, 5, 15 o 30 secondi (figura 15);
- inserire la data e la fascia oraria di interesse (figura 15).

La PGL fornisce, come risposta alla richiesta, l'elenco dei file presenti (tra quelli relativi agli ultimi

trenta giorni), scaricabili tramite un click del mouse (protocollo FTP), come mostrato in figura 16.

### 7.2 Servizio Real Time

Questa seconda modalità di accesso ai dati è utile per il professionista che debba operare esclusivamente sul posto senza effettuare postelaborazioni successive (ad esempio, nel caso in cui si vogliano collocare i picchetti per il successivo scavo di posa in opera di una rete di servizio).

Il cliente attiva in questo caso un qualsiasi canale di comunicazione (ad esempio, mediante radio VHF o mediante cellulare radiomobile) tra il proprio ricevitore GPS mobile e una stazione di riferimento. Avvia, quindi, la sessione di misure GPS, effettuando direttamente sul campo la correzione differenziale (nel proprio ricevitore GPS *rover*).

Le stazioni GPS inviano continuamente verso la PGL i dati di correzione differenziale, secondo il protocollo dallo standard internazionale *RTCM SC-104* (*Radio Technical Commission for Maritime services, Special Committee 104*) versione 2.2 [5].

Il servizio GeoDATA Real Time (figura 17) prevede che il cliente selezioni la stazione GPS di proprio interesse digitando sul modem GSM, connesso al ricevitore GPS mobile, un numero radiomobile TIM<sup>6</sup>. A connessione avvenuta, il cliente riceve con continuità i dati richiesti alla velocità di 9,6 kbit/s, utilizzando la trasmissione dati GSM a circuito<sup>7</sup>.

## 8. Impiego di TIM del servizio GeoDATA al proprio interno: procedura operativa APOGEO (brevetto internazionale TIM)

Come indicato nel paragrafo 1, TIM ha realizzato la rete GeoTIM per ottimizzare le misure delle proprie infrastrutture tecnologiche.

Per migliorare l'accuratezza dei dati base aziendali, su cui si basano tutte le attività connesse alla progettazione, alla realizzazione, alla manutenzione e ottimizzazione della rete, è stata sviluppata e brevettata da TIM la procedura operativa *APOGEO* (*Antennas Procedures On Geographic Enhanced Orientation*).

La procedura definisce le norme operative per la misura accurata delle coordinate geografiche (latitudine, longitudine e quota), dell'orientamento rispetto al nord geografico (*azimut*), dell'inclinazione rispetto alla verticale (*tilt*) e dell'altezza dal suolo delle antenne delle stazioni radio, mediante la strumentazione *Leica e Trimble*.

<sup>(6)</sup> Nell'arco di numerazione scelto per il servizio, le ultime tre cifre corrispondono all'identificativo del prefisso del distretto di rete fissa entro cui è installata la stazione GPS, per cui, per esempio abc=006 individua la stazione GPS di Roma, abc=080 quella di Bari, abc=471 quella di Bolzano.

<sup>(7)</sup> Non si esclude per il futuro la possibilità di utilizzare anche la trasmissione dati a pacchetto in tecnologia GPRS.

## Schermate del servizio post processing fruibile in Internet

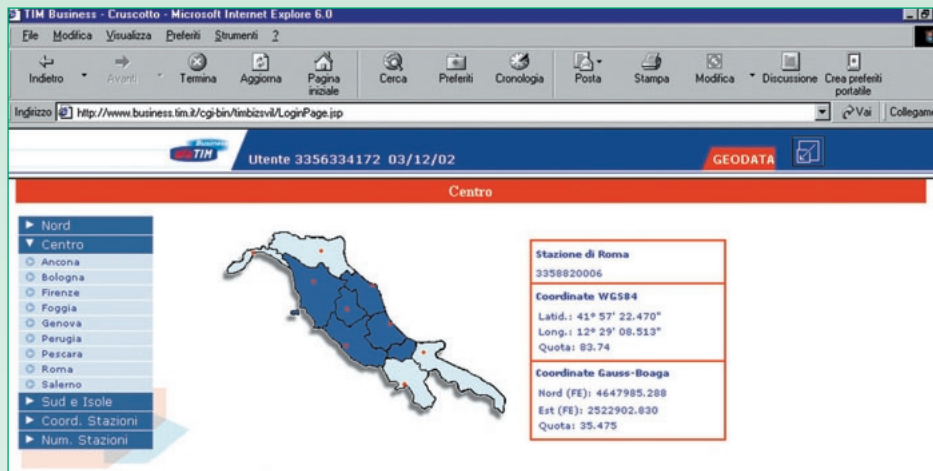


Figura 14 Selezione della stazione GPS d'interesse.

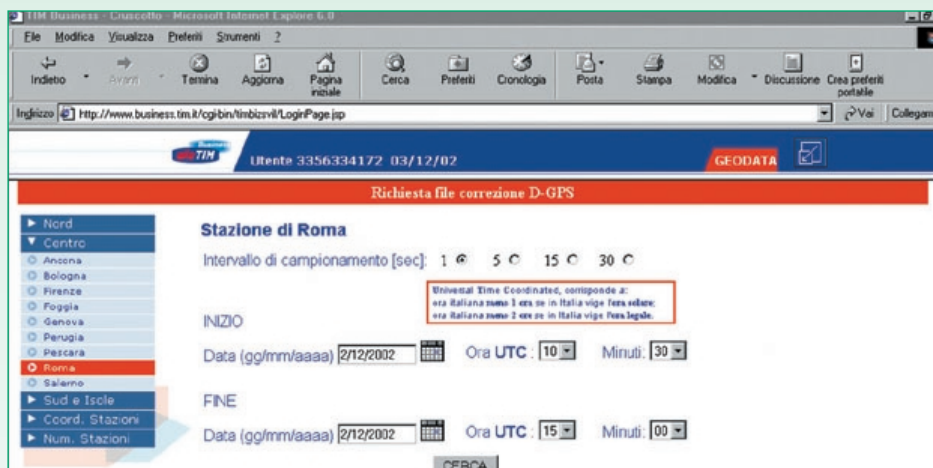


Figura 15 Selezione di frequenza, data e fascia oraria.

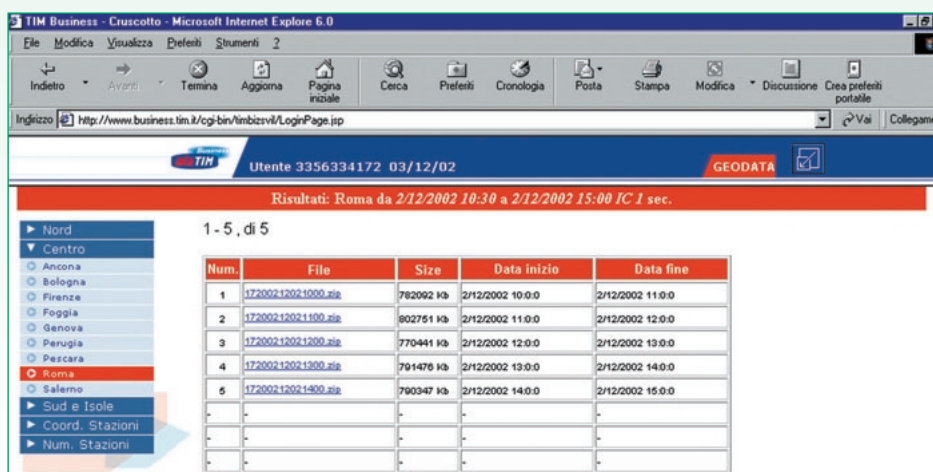


Figura 16 Dati orari scaricabili dal cliente.



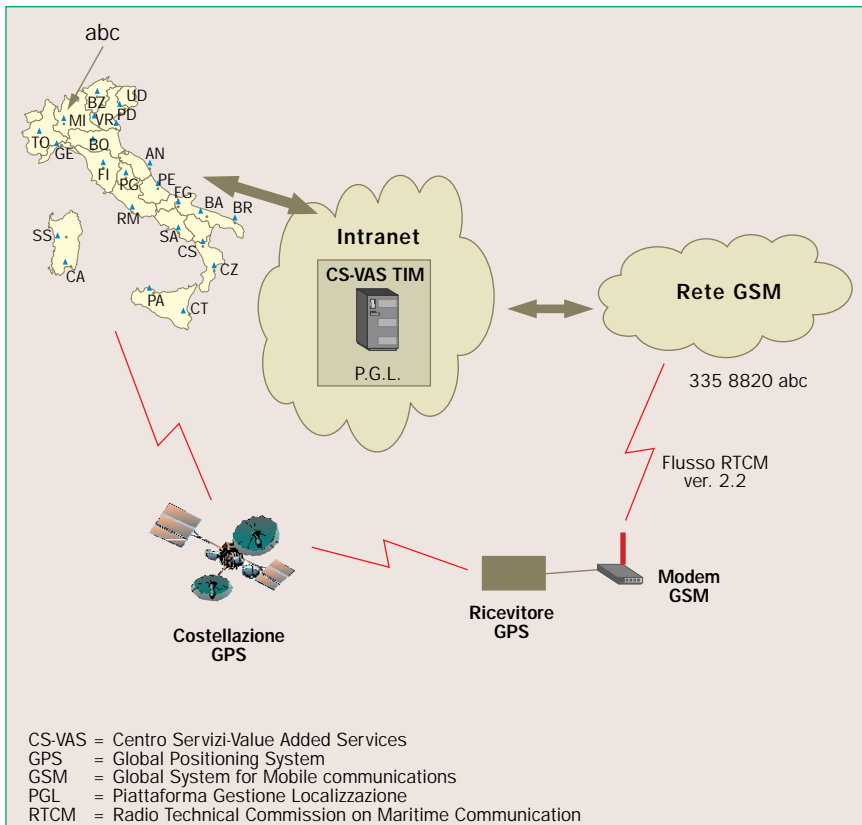


Figura 17 Architettura del servizio GeoDATA fornito in tempo reale.

Queste misure prevedono l'utilizzo dei dati di correzione differenziale di GeoTIM secondo le modalità descritte nei punti precedenti 7.1 e 7.2.

La procedura APOGEO è stata inclusa nelle norme tecniche di collaudo e nei contratti con le ditte fornitrici ed installatrici che operano per TIM.

L'impiego della procedura APOGEO è quindi teso a favorire anzitutto un miglioramento dei processi d'installazione e di manutenzione, tramite la verifica della conformità degli impianti alle specifiche di progetto.

Con questi strumenti si riducono, infatti, sensibilmente gli errori che possono essere introdotti dall'utilizzo di strumenti convenzionali, utilizzati normalmente dalle imprese installatrici di impianti per telefonia mobile (quali, ad esempio, inclinometri, bussole, altimetri).

In secondo luogo la procedura consente di migliorare la qualità della rete in termini di copertura e di protezione dalle interferenze, grazie a una maggiore precisione nella calibrazione dei puntamenti delle antenne, anche alla luce dello sviluppo previsto per il sistema UMTS.

APOGEO, poi, permette di ottenere una maggiore affidabilità dei database aziendali impiegati nella progettazione della rete, nell'erogazione dei servizi a valore aggiunto (ad esempio servizi basati sulla localizzazione) e nell'elaborazione della definizione relativa ai volumi di rispetto, necessari per rispondere alle normative vigenti in materia di inquinamento elettromagnetico (vedi paragrafo 1).

L'utilizzazione di questa procedura dà la possibi-

lità, infine, di eseguire le verifiche da effettuare a distanza dalle antenne, agevolando così le attività svolte dal personale di TIM o dei fornitori, impegnato nelle misure.

## 9. Conclusioni

La rete GeoTIM costituisce *de facto* un primo nucleo di sistema nazionale omogeneo e certificato per la georeferenziazione. Il servizio GeoDATA con essa erogato consente l'impiego della rete sia da parte del personale interno TIM, impegnato nella progettazione e nella realizzazione degli impianti, sia da parte di professionisti esterni per indagini ad essi affidate.

L'evoluzione del sistema dipenderà dal successo che esso riscuoterà in campo commerciale, scientifico, professionale e istituzionale. L'evoluzione potrebbe eventualmente prevedere, tra l'altro, un infittimento locale del numero di stazioni di riferimento, sulla base della richiesta di servizio. Ciò implicherebbe un'estensione della fruibilità del servizio con modalità RTK (*Real Time Kinematic*), possibile solo nelle immediate vicinanze delle stazioni.

Al momento, quindi, il servizio GeoDATA sembra costituire una nuova opportunità offerta da TIM al mercato per rispondere, in maniera più precisa, semplice ed economica, a un'esigenza che sembra manifestarsi in modo sempre più marcato in numerose applicazioni professionali.

Al momento, quindi, il servizio GeoDATA sembra costituire una nuova opportunità offerta da TIM al mercato per rispondere, in maniera più precisa, semplice ed economica, a un'esigenza che sembra manifestarsi in modo sempre più marcato in numerose applicazioni professionali.

## Bibliografia

- [1] Coratella, D.: *Il Sistema GPS*. «Notiziario Tecnico Telecom Italia», Anno 11, n. 1, giugno 2002, pp. 87-103.
- [2] Casella, V.; Franzini, M.; Baratti, G.L.: *La rete GPS di raffittimento della provincia di Pavia*. Fonte: <http://geomatic.unipv.it>
- [3] *EUREF Permanent Network*. Fonte: <http://www.epncb.oma.be>
- [4] Nikon-Trimble: *GPS - Guida all'uso del GPS per il rilevamento del territorio*. Maggioli Editore.
- [5] *RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Service*, version 2.2. RTCM Special Committee 104, 15 gennaio 1998.
- [6] Annunziato, A.: *Il GPS differenziale*. Su questo stesso numero del «Notiziario Tecnico Telecom Italia», pp. 81-92.
- [7] WGS84 Implementation background. Fonte: <http://www.wgs84.com/wgs84/wgs84.htm>

## Abbreviazioni

APOGEO	Antennas Procedures On Geographic Enhanced Orientation
ASI	Agenzia Spaziale Italiana
BIH	Bureau International de l'Heure
CDN	Circuito Diretto Numerico
CdR	Centro di Regia
CGS	Centro di Geodesia Spaziale
CS-VAS	Centro Servizi-Value Added Services
ECC	Error-Correcting Code memory
ED50	European Datum 1950
ETRS89	European Terrestrial Reference System - 1989
EUREF	EUropean REference Frame
FMP	Fault Management Platform
FTP	File Transfer Protocol
GIS	Geographical Information Systems
GPRS	General Packet Radio Service
GPS	Global Positioning System
GRS80	Geodetic Reference System 1980
GSM	Groupe Spécial Mobile ovvero Global System for Mobile communications
HDOP	Horizontal Dilution Of Precision
HTML	HyperText Markup Language
HTTP	HyperText Transfer Protocol
IGM95	Istituto Geografico Militare - 1995
IP	Internet Protocol
MAGIC	Meteorological Application of GPS Integrated Columns of water vapour measurements in the Mediterranean
MSC	Mobile Switching Center
NetNMEA	Network NMEA
NMC	Network Management Center
NMEA	National Marine Electronics Association
NMS	Network Management System
PABX	Private Automatic Branch eXchange
PDOP	Position Dilution Of Precision
PER	Presidio Esercizio di Rete
PGL	Piattaforma per la Gestione della Localizzazione
PoP	Point of Presence
PRA	Primary Rate Access
PSTN	Public Switched Telephone Network
RINEX	Receiver INdependent EXchange format
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime services
RTCM-SC 104	Radio Technical Commission for Maritime services, Special Committee 104
RTK	Real Time Kinematic
S/A	Selective Availability
SCSI	Small Computer System Interface
SDRAM	Synchronous Dynamic Random Access Memory
TRS	Trimble Reference Station
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
WGS84	World Geodetic System - 1984



Duilio Coratella ha conseguito la laurea con lode in Ingegneria Elettronica indirizzo Telecomunicazioni presso il Politecnico di Bari nell'anno 1993, discutendo una tesi su dispositivi ottici non lineari su guida d'onda per reti di telecomunicazioni. Nel 1995 è stato assunto nell'Area Rete della Direzione Generale di TIM. Dal 1995 al 1997 si è occupato di analisi e valorizzazione dei parametri di cella e della definizione ed analisi dei dati statistici di traffico e di qualità della rete GSM. Dal 1997 al 1999 ha coordinato un gruppo di lavoro per l'ottimizzazione della rete TACS in termini di efficienza, riduzione della congestione e distribuzione delle risorse radio sul territorio, ed è stato membro del SATIG nell'ambito del GSM MoU. Dal 1999 al 2000 si è occupato di tecniche e di sistemi per il *positioning* su rete radiomobile ed ha seguito lo sviluppo della rete GPS di TIM, collaborando con TILAB al progetto di una piattaforma per l'erogazione dei dati GPS e, con le funzioni di marketing di TIM, per la definizione dei relativi servizi commerciali. Attualmente opera nel Client Management di Rete, curando nell'ambito del processo di innovazione prodotti e servizi, i rapporti tra le linee di sviluppo e di esercizio e le aree commerciali e di marketing, coordinando gli studi di fattibilità e collaborando alla definizione delle specifiche funzionali. È membro del Comitato Tecnico TIM-ASI (*Agenzia Spaziale Italiana*) nel cui ambito segue le attività di integrazione della Rete GPS di TIM nel Sistema EUREF (*EUropean REference Frame*).



Alessandra Curto ha conseguito la laurea in Ingegneria Elettronica presso l'Università "La Sapienza" di Roma nel 1994, discutendo una tesi svolta in Alenia SpA su un progetto e la realizzazione di oscillatori a microonde per applicazioni radar. Dal 1994 al 1998 ha lavorato in CSELT dove ha partecipato alla progettazione di apparati a microonde in tecnologia integrata, componenti RF per stazioni base di sistemi radiomobili, studi di sistema e progettazione di apparati per il sistema LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*). Nel 1997 ha conseguito il Master in Telecomunicazioni conferito da Corep - Politecnico di Torino e Scuola Superiore G. Reiss Romoli. Dal 1998 opera nella Direzione Rete di TIM dove si è occupata di auditing tecnici per la verifica dell'applicazione e dell'applicabilità delle normative tecniche relative all'installazione, all'esercizio e alla manutenzione di BSC (*Base Station Controller*) e BTS (*Base Transceiver Station*). Dal 1999 coordina lo sviluppo e l'ingegnerizzazione delle piattaforme di rete per l'offerta dei servizi di localizzazione nell'ambito del settore Progetti e Reti Speciali di TIM. In tale ambito ha seguito anche lo sviluppo della rete GPS di TIM collaborando con TILAB al progetto della piattaforma per l'erogazione di dati GPS per la correzione differenziale.