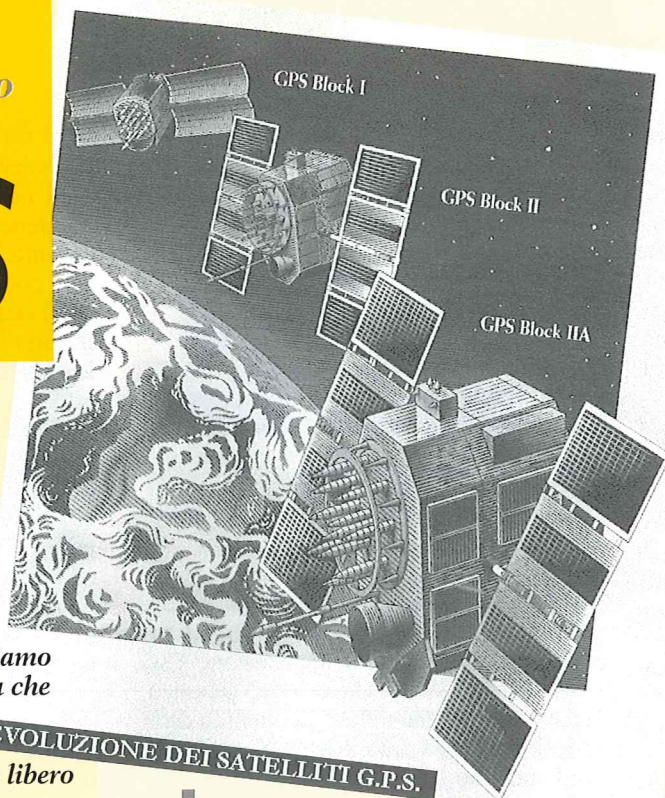


I N S E R T O

## GPS

*L'idea di realizzare una specifica sezione dedicata al GPS, nasce dalla constatazione che i sistemi satellitari domineranno sempre più il nostro quotidiano, sia che ci riferiamo ad aspetti professionali, sia che ci riferiamo ad aspetti più semplici e funzionali legati al tempo libero e anche al divertimento.*



EVOLUZIONE DEI SATELLITI G.P.S.

## I contenuti

*Su queste pagine non tratteremo ovviamente di solo GPS, ma anche di GLONASS, di navigazione, telerilevamento e ovviamente di sistemi di comunicazione dati tra questi sistemi, il GPS sarà in ogni caso l'attore principe della rubrica essendo lo stesso il candidato numero uno, che entrerà nella nostra quotidianità insieme ai sistemi di comunicazione (cellulari satellitari) e di navigazione.*

*Gli aspetti del GPS nel mondo della geomatica, soprattutto al riguardo delle metodologie operative saranno trattati su tutta geomedia, mentre in questa rubrica saranno in linea di massima presentati gli aspetti più tecnici e sistemistici afferenti settori particolari quale la navigazione terrestre, aerea e marina, l'integrazione tra i sistemi hardware e software, nonché veri e propri tutorial che permetteranno all'utente di impiegare al meglio queste tecnologie del terzo millennio.*

## I riferimenti

*La rubrica sarà caratterizzata dalla linea editoriale di geomedia, mentre sarà curata nello specifico dall'Ing. F. Bernardini esperto di sistemi satellitari e coordinatore di AMSAT Italia centro sud, nonché membro del comitato redazionale.*

## In questo numero

Redazionale

Il mondo delle applicazioni GPS di F. Bernardini

Standard d'interfaccia nel mondo GPS, di T. Giagnacovo

Le news GPS

## Il mondo delle applicazioni GPS

Il fenomeno della diffusione del GPS alle più svariate utenze ha un interessante parallelo, quello della diffusione della rete Internet al grande pubblico. Infatti sono passati meno di due anni da che Internet è diventato un termine d'uso comune tanto che molti credono ancora che 'la rete' sia una recente invenzione. Al contrario Internet è una realtà che risale a circa un ventennio fa e che per molti anni è stata predominio soprattutto di università e centri di ricerca i quali le hanno dato quella caratteristica impronta di libertà che purtroppo, lentamente, la commercializzazione sta in parte facendo scomparire. Allo stesso modo della disponibilità di punti di accesso ad Internet a basso prezzo, la presenza anche sul mercato europeo di ricevitori GPS a costo contenuto, ed anche tascabili, ha rivolto il grande pubblico a quest'altra "nuova" realtà che in verità esiste anch'essa da un paio di decenni, ma che per molto tempo è stata predominio soprattutto degli ambienti militari.

Gli studi per una costellazione di satelliti a scopo di navigazione di precisione risalgono infatti quasi alla classica "notte dei tempi" dell'era spaziale. Dalle esigenze militari si cominciò presto a passare a quelle navali generali e ben presto a quelle da diporto con l'inizio della di-

sponibilità dei primi ricevitori commerciali a costo "contenuto". Il completamento della costellazione GPS, e l'inizio della sostituzione dei satelliti più "anziani" con i più moderni della serie IIR, ha dato impulso allo sviluppo del GPS anche verso le applicazioni aeronautiche dove, dopo il successo conseguito nell'aviazione generale, si sta arrivando alla definizione del GPS quale sistema di navigazione primario per la navigazione aerea mondiale. Una terza linea di sviluppo, puramente tecnologica, ha visto un progressivo aumento dell'integrazione della componentistica necessaria alla realizzazione dei ricevitori GPS fino al punto di poter fornire schede OEM grandi quanto un pacchetto di sigarette e dalle prestazioni assolutamente mirabolanti.

Come per Internet anche per il GPS si è avuta una crescita esponenziale del mercato e della disponibilità tecnologica. Se da un lato le applicazioni esoteriche tendono a concentrarsi intorno a capisaldi quale la navigazione aerea di precisione (per la sostituzione degli impianti di atterraggio strumentale), la geodesia con precisione centimetrica ed anche le applicazioni spaziali (quali il rilevamento dell'assetto di veicoli orbitanti), le applicazioni di basso livello, centrate sull'applicazione di ricevitori tascabili, di quelli per nautica da di-

porto o per 'trekking', ed anche di quelli su schede per applicazioni OEM, tendono a distribuirsi ai più diversi aspetti della vita quotidiana nei più disparati settori. Come Internet ha dato il via a potenzialità neanche immaginate dagli utilizzatori originali, anche la tecnologia GPS, la classica soluzione in cerca di un problema, sta vedendo la nascita delle più disparate applicazioni.

Una decina di anni fa Don Lancaster, un famoso articolista di elettronica generale e autore di diversi libri di progettazione, indisse una sorta di concorso basato sul proporre il possibile impiego di una scatoletta di dimensioni contenute su un lato della quale era presente un visualizzatore indicante la posizione del cubo sulla superficie terrestre. Quella scatola oggi esiste ed è facilmente acquistabile ad un prezzo inferiore a quello di un telefono cellulare! L'esercizio proposto da Lancaster non fu tanto di fantasia, i primi satelliti GPS erano già in orbita, quanto una sollecitazione a riaffrontare tanti problemi del mondo moderno partendo dal nuovo presupposto di poter conoscere con facilità la propria posizione. Oggi, in piena espansione del mercato dei ricevitori GPS, tale esercizio non cessa di fornire nuovi frutti.

Perciò il GPS non è solo navigazione o geodesia, così come Internet non è solo posta elettronica e trasferimento di files. In entrambi i casi le possibilità d'applicazione sono infinite. Questa rubrica allora verrà dedicata soprattutto all'universo GPS in termini di applicazioni particolari, soluzioni originali, tecnologie e standards da adottare. Ma non si parlerà solo di applicazioni esoteriche, le quali d'altronde sono spesso ospitate in 'forum' specializzati. Saranno anzi privilegiate le applicazioni dei ricevitori commerciali a basso costo, dove per esempio una precisione dell'ordine del centinaio di metri può risultare sufficiente. Cercheremo di offrire consigli e suggerimenti, magari con qualche piccolo commento tecnico che possa indirizzare al giusto impiego e, perchè no, anche ad un migliore acquisto. Ed il binomio GPS/Computer verrà accuratamente esplorato, per fornire ausilio anche ai meno esperti.

Nel giro di un anno il prezzo dei ricevitori GPS diminuirà ulteriormente e diventeranno 'gadget' al pari dei registratori tascabili finchè possedere un ricevitore GPS sarà uno dei tanti "sfizi" moderni. "Sfizi" utili però, e vedremo come nei prossimi numeri.

Fabrizio Bernardini

## Standard d'interfaccia nel mondo del GPS

*Con l'avvento del GPS sono stati elaborati innumerevoli protocolli atti a collegare tra loro i diversi apparati, sia per poter apportare correzioni agli inevitabili errori introdotti dal sistema, sia per poter riversare i dati elaborati su altri dispositivi. In queste note ci interesseremo dei tre standard più diffusi, ciascuno dei quali copre un preciso settore di utenza del GPS.*

Tra i vari standard d'interfaccia ne esamineremo tre, che differiscono tra loro essenzialmente nel tipo di applicazione. Essi sono lo NMEA 0183 che è di tipo generico, ed è grandemente diffuso nel mondo della nautica ma non solo il RINEX, utilizzato nel mondo del rilievo geodetico e topografico per raccogliere i dati di posizione in modo da poterli poi successivamente elaborare (post-processing), ed infine lo RTCM 104, che si propone come standard nel collegamento attraverso data link di stazioni GPS per la correzione differenziale in tempo reale.

Ma che cos'è uno standard di interfaccia? Prima dell'avvento dei dispositivi digitali, in genere basati su microprocessori, uno standard d'interfaccia definiva solo la forma del connettore ed i segnali elettrici in esso presenti. Con l'avvento dei microprocessori, lo standard diviene più complesso, in quanto definisce anche un linguaggio comune con il quale i vari dispositivi dialogano tra loro.

Si parla di standard quando esso viene adottato da vari costruttori, rendendo possibile l'interfacciamento tra i diversi apparati e il software di elaborazione in maniera trasparente per l'utente. La presenza di almeno uno di questi tre standard in un apparato GPS ne amplia notevolmente il campo d'utilizzo.

### NMEA 0183

La NMEA (National Marine Electronics Association) nasce nel 1957 in seguito alla crescente diffusione di dispositivi elettronici per la navigazione a bordo delle imbarcazioni, in modo da favorire l'interconnessione di apparati di diversi costruttori secondo uno standard comune a tutti.

Con l'avvento dei dispositivi a microprocessore, nasce nel 1980 il primo standard NMEA, lo 0180, con il quale era possibile collegare l'uscita di un ricevitore LORAN-

C ad un autopilota. Questo standard non prevedeva altre possibilità, e nel giro di due anni ne venne elaborato uno nuovo che manteneva però la compatibilità con il precedente. Il nuovo nato, lo 0182, introduceva il concetto di "sentenze", cioè messaggi con i quali i vari apparati si identificano e inviano le informazioni. Successivamente lo standard 0182 viene migliorato nello 0183 attualmente in uso.

Lo standard definisce anche le caratteristiche elettriche dell'interfaccia utilizzata, la EIA-422, che è una variante della RS-232 (la seriale standard sui personal computer). Tale tipo di interfaccia è più adatta ad operare in ambienti elettricamente "rumorosi" quali quelli a bordo di imbarcazioni. La velocità di trasmissione è di 4800 bauds.

Il sistema è basato su unità che vengono definite "talkers", cioè chi trasmette, e "listeners", chi riceve. I messaggi sono strutturati in modo da poter identificare univocamente chi trasmette.

Il messaggio, o sentenza, occupa al massimo una riga di testo (ASCII) ed è costituito da un preambolo composto da un simbolo di riconoscimento seguito da due caratteri che identificano chi trasmette il messaggio. A questo seguono tre caratteri che identificano a loro volta il tipo di messaggio trasmesso, seguito dai dati veri e propri, in numero variabile a seconda del tipo di messaggio.

Tra le forme più semplici di messaggi vi sono quelle relative alla posizione in longitudine e latitudine. Ad esempio, un dispositivo a mappa mobile dotato di interfaccia NMEA non fa altro che leggere tale dato e visualizzarlo sulla carta.

Lo standard identifica numerosi dispositivi, che vanno dai ricevitori di navigazione (omega, loran, GPS), agli ecoscandagli, radar, autopiloti, plotters e così via.

Per quanto riguarda il GPS, sono disponibili un gran numero di messaggi relativi ai vari aspetti della misura ottenuta mediante esso, quali ad esempio i satelliti utilizzati, i satelliti in visibilità, la stima dell'errore nella determinazione della posizione e così via.

### RINEX

Il "Receiver Independent Exchange Format" è stato introdotto alla comunità degli utenti GPS nel 1989 ed è stato raccomandato come standard da adottare nel campo della geodesia. Esso è stato sviluppato dall'Istituto di Astronomia dell'Università di Berna con lo scopo di facilitare l'interscambio dei dati di posizione ottenuti dai vari ricevitori GPS utilizzati durante

la campagna di misure EUREF 89.

RINEX è stato modellato sulle necessità dei vari programmi di post-processing allora disponibili. Una serie di programmi di traduzione furono scritti in modo da convertire i dati grezzi che i ricevitori allora utilizzati fornivano ognuno in formato proprietario. La possibilità di convertire i dati di un ricevitore GPS in formato RINEX, permette quindi un rapido interscambio dei dati di misura tra i diversi software di post-elaborazione.

Una tipica sessione di misura utilizzando il RINEX produce tre files. Essi sono l'Observation file, il Navigation file, e il Meteorological Data file. Questi file sono tutti in formato testo (ASCII) in modo da favorire un rapido interscambio tra macchine diverse. Ciascun file è organizzato con uno "header" (testata) contenente le informazioni relative all'antenna e al ricevitore utilizzati, a cui fa seguito una sezione "data" contenente le misure vere e proprie.

Le misure consistono nel conteggio dei cicli (fase) del segnale GPS, operazione effettuata anche sul segnale di norma riservato agli utenti militari, e della sua correlazione con il codice ricevuto. La post-elaborazione elimina l'ambiguità nella determinazione della posizione utilizzando la sola fase del segnale e migliora l'accuratezza della posizione integrando le misure effettuate in un dato arco di tempo.

Con l'evolversi della tecnologia applicata ai ricevitori, lo standard RINEX si è adeguato alle nuove possibilità, peraltro già emerse durante la sua messa a punto nel 1989, quali la possibilità di iniziare una nuova misura o l'acquisizione di dati in maniera cinematica, cioè considerando il punto di misura in movimento. Inoltre è possibile elaborare mediante il RINEX dati prodotti da altri sistemi di navigazione quali il GLONASS russo e il TRANSIT (ormai decommissionato).

## RTCM 104

La RTCM (Radio Technical Commission for Maritime Services) è un ente governativo americano preposto ai sistemi radioelettrici di ausilio alla navigazione marittima. La RTCM si è occupata nel tempo del sistema OMEGA e TRANSIT, del LORAN, nelle due versioni A e C, ed ora del NAVSTAR GPS.

Quasi tutti i sistemi di navigazione radioelettrici hanno la possibilità di essere migliorati mediante l'uso di correzioni di tipo differenziale. In pratica, con la correzione differenziale il ricevitore determina la propria posizione in base ai segnali rice-

vuti dal sistema in uso e la perfeziona con le correzioni ricevute da una stazione detta di riferimento.

Una speciale commissione RTCM, la SC-104, ha elaborato nel 1990 per il sistema GPS una raccomandazione affinché sia standardizzato il modo in cui vengono scambiati i dati di correzione.

Alla base della raccomandazione vi è il principio della correzione differenziale applicata in tempo reale. Come già ricordato, il sistema si basa su una stazione di riferimento costituita essenzialmente da un ricevitore, che viene posto in un luogo la cui posizione è nota a priori con precisione. Questo ricevitore genera segnali d'errore comparando la propria posizione con quella calcolata. Grazie ad un trasmettitore, tali correzioni vengono quindi inviate ai ricevitori operanti in zona.

In questo modo il ricevitore dell'utente è in grado di rimuovere completamente gran parte delle cause d'errore nella determinazione della posizione, siano esse dovute a cause naturali o artificiali. L'incertezza nella posizione ottenuta risulta quindi limitata alla sola accuratezza del ricevitore dell'utente nella determinazione delle pseudo distanze dai satelliti GPS.

Infatti, la stazione di riferimento lavora direttamente sulle pseudo distanze di tutti i satelliti ricevibili al momento, e non sull'errore tra la posizione effettiva e quella calcolata, poiché quest'ultima dipende esclusivamente dal set di satelliti scelto dal ricevitore per determinare la posizione.

Operando in questo modo, il ricevitore dell'utente è libero di scegliere un qualsiasi set di satelliti inserendo le appropriate correzioni in pseudo distanza, ricevute dalla stazione di riferimento, nella determinazione della posizione.

La RTCM ha studiato varie possibilità di collegamento tra il ricevitore di riferimento e gli utenti. Alcune proposte hanno portato allo studio dei cosiddetti "pseudoliti", cioè veri e propri trasmettitori GPS terrestri. In tal modo, i dati di correzione vengono ricevuti dall'utente come se fossero ricevuti da un ulteriore satellite della costellazione GPS.

Altra proposta, già attuata negli Stati Uniti e in via di attuazione in Europa consiste nell'invia dei dati di correzione attraverso i radiolari marittimi. A tale scopo è stata studiata una apposita interfaccia che collega il ricevitore radiogoniometrico al ricevitore GPS, per poter ricevere nel formato RTCM 104 i dati di correzione.

In pratica, lo RTCM 104 è basato sullo stesso formato dati utilizzato dal sistema GPS, sfruttando allo scopo alcuni "frames"

non utilizzati e introducendone alcuni a lunghezza variabile. In questo modo vengono trasmesse correzioni relative alla propagazione dei segnali radio nella ionosfera e troposfera, correzioni relative alla posizione dei satelliti nello spazio, correzioni relative al tempo GPS, e quelle relative alla SA (Selective Availability, l'errore introdotto artificialmente dai controllori del sistema GPS).

## Conclusioni

La conoscenza approfondita di uno standard non è necessaria a meno che non si voglia procedere alla stesura di un software dedicato per particolari applicazioni. Sul mercato sono disponibili vari pacchetti, molti dei quali leggono e scrivono nei formati RINEX e NMEA. Questi pacchetti consentono la post-elaborazione, che permette di migliorare la posizione determinata durante una sessione di misura, oppure di visualizzare istantaneamente il percorso seguito da un ricevitore su apposita mappa.

Chiaramente, per elaborazioni di alta precisione, la scelta obbligata è nel formato RINEX che, contenendo i dati relativi alla fase dei segnali ricevuti, consente la determinazione della precisione nell'ordine del centimetro.

Per quanto riguarda lo RTCM, esso si propone come standard per quanto riguarda l'interconnessione di due ricevitori GPS, uno funzionante da stazione di riferimento e l'altro per la determinazione della posizione. Lo standard definisce solo il protocollo utilizzato per l'interscambio dei dati, lasciando libero l'utente per la scelta del tipo di interconnessione, che va dal semplice cavo ad un datalink via radio. La presenza di un'interfaccia RTCM in un ricevitore GPS consente quindi a quest'ultimo di operare sia come stazione di riferimento che come stazione mobile operante in differenziale, portando così la precisione del sistema nell'ordine del metro.

*Tonino Giagnacovo*

## Biografia

**Tonino Giagnacovo:** laureando in ingegneria elettronica, membro di AMSAT Italia, opera da alcuni anni come consulente nel campo della documentazione tecnica, realizza manuali tecnici operativi per apparecchiature civili e militari.

## Riferimenti

- RTCM - Recommended Standards for Differential Navstar GPS Service. RTCM paper 134-89/SC 104-68.
- The RINEX Format, by W.Gurnet and G.M.Mader, documento presentato al 5° International Geodetic Symposium on Satellite Positioning, Las Cruces, 3/89
- NMEA Standard 2.1 - National Marine Electronics Association P.O.Box 3435 New Bern, North Carolina (USA)