

II GPS 3G

Con l'avvento della nuova generazione di apparati GPS si vanno delineando nuove soluzioni basate sul concetto del 3G e su diverse altre novità ed avanzamenti tecnologici. 3G è la sigla che indica la capacità degli apparati di ricevere e impiegare per il posizionamento le tre costellazioni GPS, Glonass e Galileo che nel giro di qualche anno saranno modernizzate o completate. Nell'articolo segue una breve carrellata sulle tecnologie e sulle altre novità, oltre a qualche informazione sulle soluzioni delle aziende leader, tra le quali è doveroso citare la SEPTENTRIO (www.septentrio.com) che si pone come unica azienda europea già attiva nella produzione di apparati 3G e NOVATEL (www.novatel.com) che ha già realizzato il primo apparato per il test dei segnali inviati da Giove-A, primo satellite del nuovo sistema di posizionamento europeo GALILEO.

Siamo nel 2006, e sono ormai più di 20 anni che ci occupiamo di come funzionano, come si usano e come si trattano i dati GPS. Certamente oggi abbiamo superato quasi del tutto i problemi di ieri: potenza di calcolo, durata dell'alimentazione, tempi di misura e ingombro degli apparati sono gli aspetti più evidenti e grossolani dell'evoluzione del GPS, ma possiamo affermare con certezza che in questi 20 anni abbiamo assistito ad almeno 2-3 rivoluzioni nel campo del posizionamento da satellite, che per lo più hanno significato posizionamento geodetico con il sistema GPS. Ma le rivoluzioni così come gli errori sono figlie di tanti padri e madri, e così le rivoluzioni del GPS sono andate di pari passo con quelle dei PC e di tante altre *facility* del mondo legato all'*Information Technology* (IT) e alla sua componente di *communication* (ITC). Pertanto non ci meraviglia più di tanto assistere ad una forsennata gara tra le aziende leader del settore ad affermare che il loro prodotto sia il migliore, il più innovativo ed allo stato dell'arte rispetto a quello della concorrenza.

L'evoluzione del sistema GPS e l'integrazione con i sistemi di posizionamento di prossima generazione

di Domenico Santarsiero e Roberto Capua

Per quanto ci riguarda esistono aziende che sono leader del settore da sempre, ed esistono prodotti più o meno interessanti; c'è chi è vestito di verde e chi è vestito di giallo o di rosso, ma un prodotto non si sceglie in base al colore, ma in base a molteplici altri fattori, non ultimo quello umano e di chi vende effettivamente il prodotto, dell'assistenza dopo l'acquisto o di chi non da nessuna spiegazione al riguardo. E' questa solo la prima parte di un sistema che, se ad esempio dovessimo trovare a lavorare per un cliente esigente, imporrà di comprare l'opzione adeguata al caso.

Dopo questa introduzione, il lettore si starà chiedendo quali sono dunque le vere novità nei sistemi di posizionamento di ultima generazione, o perlomeno quali sono le rivoluzioni annunciate dalle principali aziende del settore.

Bene, la vera novità si chiama 3G, ed è stata presentata lo scorso anno nell'ambito del salone europeo INTERGEO dalla Topcon, un'azienda che sul concetto di 3G ha esperienza da vendere, visto che è l'azienda leader per quanto riguarda integrazione del GPS e del GLONASS; Ovviamente le novità dalle altre aziende non si sono fatte attendere e, a meno di un anno da INTERGEO 2005, la Trimble prima e la Leica poi, hanno anch'esse presentato sistemi in grado di tracciare ed acquisire anche i segnali della costellazione di satelliti GLONASS, preparandosi così alla nascita del futuro sistema europeo GALILEO.

Ma come è stata concepita questa grande novità nel campo dei ricevitori geodetici?

Potremmo dire in prima istanza che la novità è solo e soprattutto di tipo commerciale, e che in realtà



Figura 1 - I sistemi GNSS in grado di operare con più costellazioni. Qui sopra il sistema GX1230 di Leica. Di lato, il sistema R8 di Trimble in alto, e il sistema GR-3 di Topcon in basso



l'innovazione è quasi nulla se si guarda ad una tipologia di ricevitori già da molti anni in commercio.

Infatti la soluzione commerciale è stata ideata mettendo nei nuovi ricevitori uno stadio di RF (radio frequenza) in grado di gestire e tracciare dai 50 ai 90 canali, costruendo un sistema DSP (*Digital Signal Processor*) in grado di configurare questi canali su frequenze diverse a seconda delle esigenze operative e commerciali, realizzando un *upgrade* del firmware della componente *navigation processor* in grado di effettuare i calcoli di navigazione e di ricostruzione dei segnali di fase, ridondante dal segmento spaziale.

In questo modo quindi, dal punto di vista commerciale e tecnico ogni azienda è in grado di affrontare la sfida sul nuovo mercato del sistema europeo Galileo e nel contempo usufruire dei vantaggi di una costellazione in via di riorganizzazione come il GLONASS. Ma vediamo nel seguito dell'articolo gli aspetti salienti dell'innovazione del sistema GPS, di GALILEO e di altri importanti aspetti nel campo delle applicazioni per il mercato consumer.

L'innovazione nel mercato delle soluzioni basate sul posizionamento satellitare

Il mondo delle applicazioni GNSS sta esplodendo in questi ultimi anni. L'avvento di nuovi segnali (GPS L2C, L5), e di nuove costellazioni (Galileo), il ripristino della costellazione GLONASS oltre alle economie di scala che deriveranno dalla integrazione dei ricevitori GNSS all'interno dei terminali cellulari GSM, GPRS ed UMTS, provocheranno una esplosione del mercato che avrà impatti rilevanti sia sulle applicazioni *consumer* che *professionali*. Inoltre, nuovi sistemi di *augmentation* satellitari in grado di fornire prestazioni a livello RTK stanno per affiancare i classici sistemi di posizionamento con codice ed integrità WAAS, EGNOS (e le sue evoluzioni con SISNET) ed MSAS.

I nuovi sistemi in fase di evoluzione, si basano principalmente sull'impiego di una modellistica avanzata sia degli errori di clock che dei dati ionosferici, così come nel sistema Starfire o nei sistemi avanzati quali la rete RTK Mondiale gestita dalle aziende del comparto *marine positioning* come Fugro, e sull'integrazione di innovativi

algoritmi per la soluzione delle ambiguità di fase, come il WARTK-3.

Inoltre, grandi sviluppi si stanno avendo nel settore orientato alle applicazioni per il grande pubblico, tramite l'avvento delle tecnologie A-GPS (*Assisted GPS*) che permette di ottenere buone prestazioni di *positioning* anche in zone dove il segnale è debole o caratterizzati da notevole *multipath* (Canyon urbani, Indoor, ecc.). Tale tecnica, basata sulla fornitura di informazioni del messaggio di navigazione GPS (in particolare effemeridi e clock) dall'esterno (es. tramite GSM) e sull'allungamento del periodo di integrazione del segnale per la fase di ricerca del codice sul ricevitore utente, permette l'acquisizione di segnali con SNR inferiore fino a 30 dB rispetto al livello nominale del GPS. Tale tecnologia permette, inoltre, la riduzione del TTFB (*Time To First Fix*, normalmente nell'ordine dei 40s in *cold start*) grazie alla riduzione dello spazio di ricerca (nel dominio della frequenza e del ritardo del codice), nonché una rilevante riduzione del consumo di energia (argomento particolarmente sensibile per applicazioni mass market con integrazione di chipset GPS all'interno dei terminali cellulari).

Il GPS L2C è il primo segnale del cosiddetto GPS Modernizzato trasmesso dal satellite 53 (PRN 17, blocco IIR-M), lanciato il 26 Settembre 2005. Questo segnale è di notevole interesse per le applicazioni indoor, poiché fornisce caratteristiche di margini di Cross-Correlazione elevati e codici multipli (CM e CL) nella stessa banda.

Il segnale L5, che dovrebbe essere disponibile nel 2008, fornirà un segnale (*Pilot Tone*) privo di messaggio di navigazione e più robusto rispetto all'attuale L1, dando un notevole supporto alle applicazioni A-GNSS. Uno dei problemi fondamentali dei nuovi ricevitori per applicazioni A-GNSS e per l'integrazione all'interno dei terminali mobili di chipset GPS, è quello della realizzazione all'interno degli stessi di banchi di correlatori paralleli di notevoli dimensioni in grado di accelerare notevolmente la fase di ricerca del codice in ambienti Indoor. Esistono realizzazioni di chipset con 16000 correlatori, mentre l'utilizzo di DSP in modalità *store-and-process* fornisce soluzioni di notevole interesse. Mentre nei normali ricevitori GPS, la necessità di accedere ai correlatori ogni millisecondo implica un carico notevole

per la CPU, includendo hardware dedicato per l'integrazione a lungo termine è possibile realizzare una ottimizzazione del carico della componente in questione. Anche questo è un aspetto importante per l'integrazione dei chipset GPS all'interno dei terminali cellulari.

Il futuro dei sistemi di posizionamento rimane comunque legato alla soluzione di tre problematiche fondamentali:

- ✓ l'aumento della disponibilità e continuità di servizio (posizionamento in zona urbana)
- ✓ la realizzazione di chipset a basso consumo
- ✓ un netto abbassamento dei costi dei ricevitori in fascia professionale

E' prevedibile quindi che come in ogni settore di Business, la domanda di servizi avanzati a valore aggiunto vada sempre più crescendo, mentre il posizionamento di precisione in modalità RTK diventerà nel giro di alcuni anni un requisito indispensabile per applicazioni di tipo consumer (es. Guida Automatica, applicazioni di *friends finding*, ecc.), mentre l'effetto legato dall'economia di scala si ripercuoterà indirettamente anche nel mercato dei ricevitori di fascia medio-alta, come la nuova generazione dei ricevitori 3G (GPS, GLONASS, GALILEO).

Per ciò che riguarda il consumo di potenza, l'ottimizzazione dei carichi della CPU tramite sistemi di gestione dei processi dei chipset avanzati (es. i nuovi chipset SiRF Start IIe/LP o nuovi prodotti innovativi prodotti nella scia delle ricerche per il futuro sistema Galileo, come Nemerix) ha portato già da oggi all'immissione sul mercato di *chipset GPS ultra-low-power*.

Il sistema Galileo

Il 28 Dicembre 2005, dal Cosmodromo di Baikonur, è stato lanciato il primo satellite di Test Galileo, denominato GIOVE-A (*Galileo In-Orbit Validation Element-A*), che ha iniziato a trasmettere il segnale di navigazione nei primi giorni di Gennaio 2006.

La costellazione Galileo completa prevede 30 satelliti (27 + 3 di riserva) disposti su tre piani orbitali ad un'altezza di circa 23000 Km, con un'inclinazione di 56° ed un periodo orbitale di 14 ore e 4 min.

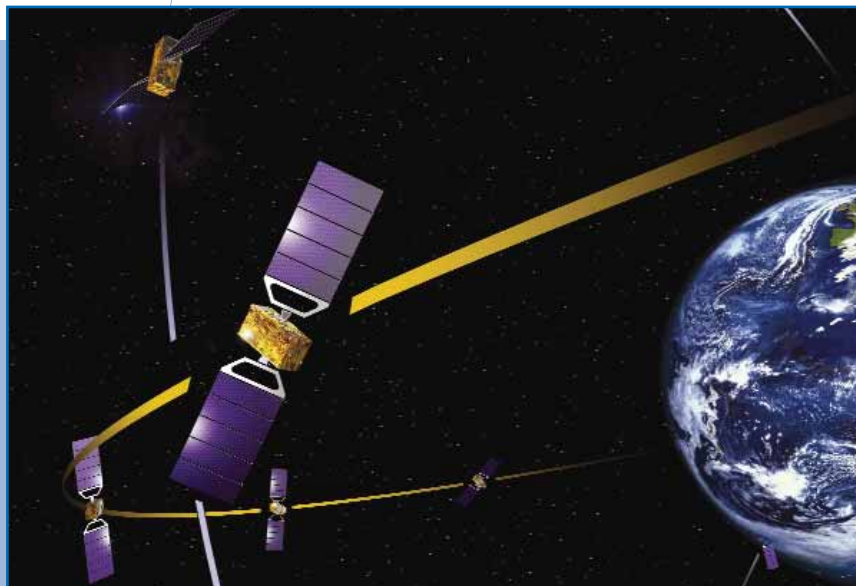


Figura 2 - Il Sistema Galileo - Immagine cortesia di: ESA-J.Huart

Tale costellazione è stata progettata in modo da garantire una copertura anche a latitudini superiori a 75° (contrariamente alla copertura attualmente fornita dal GPS). Il sistema prevede un *payload* in grado di fornire servizi interoperabili con il sistema di *Search And Rescue* COSPAS-SARSAT. Il sistema integrerà, inoltre, il servizio di Integrità fornito attualmente da EGNOS. Galileo è stato progettato per costituire il sistema di navigazione satellitare Europeo, con scopi commerciali e civili, indipendente ed interoperabile con le altre costellazioni GNSS, in particolare con il GPS.

I servizi previsti da Galileo sono i seguenti:

- **Open Service (OS):** servizio gratuito

ed aperto per applicazioni Mass-Market, interoperabile con gli attuali sistemi GNSS (es. L1 per GPS)

- **Safety of Life Service (SoL):** servizio certificato per applicazioni a rischio vita (es. aviazione) con Garanzia di Servizio (*Service Guarantee*) ed Integrità
- **Commercial Service (CS):** servizi a valore aggiunto (posizionamento di precisione, capacità di broadcasting di dati, autenticazione, *Service Guarantee*)
- **Public Regulated Services (PRS):** segnale criptato, per applicazioni governative

Nella seguente Tabella viene riassunto la caratteristica dei segnali Galileo e GPS.

Sistema	Banda di frequenza	Lunghezza del Codice	Chip Rate (Meps)	Modulazione	Messaggio di Navigazione (sps)
Galileo	E5a-I	10230	10.23	ALTBOC (15,10)	Si: 50
	E5a-Q	10230	10.23		No: Pilot Tone
	E5b-I	10230	10.23		Si: 250 (data broadcast)
	E5b-Q	10230	10.23		No: Pilot Tone
	E6a	Non disponibile	5.115	BOCcos(10,5)	Si
	E6b-I	Non disponibile	5.115	BPSK(5)	1000
	E6b-Q	Non disponibile	5.115	BPSK(5)	No: Pilot Tone
	L1A	Non disponibile	2.5575	BOCcos(15,2.5)	Si
	L1B	4096	1.023	BOC(1,1)	Si: 250 (data broadcast)
L1C	8192	1.023	BOC(1,1)	No: Pilot Tone	
GPS	L5-I	10230	10.23	BPSK(10)	Si: 1000
	L5-Q	10230	10.23	BPSK(10)	No: Pilot Tone
	L2C	CM: 10230, CL: 767250	0.5115 in TDM	BPSK(1)	CM: 50, GL: Pilot Tone
	L2 P-Code	7 g	10.23	BPSK(10)	Si
	L2 M-Code	Non disponibile	5.115	BOC(10,5)	Non disponibile
	L1 C/A	1023	10.23	BPSK(1)	Si: 50
	L1 P	7 g	10.23	BPSK(10)	Si: 50
	L1 M	Non disponibile	5.115	BOC(10,5)	Non disponibile

Galileo trasmetterà 10 differenti segnali distribuiti su quattro diverse bande, mentre il GPS modernizzato ne trasmetterà 8 (quattro militari e quattro civili) su quattro bande. Galileo userà per la modulazione la tecnica BOC (*Binary Offset Code*), mentre il GPS utilizza il tradizionale BPSK. Alcune considerazioni riguardo agli sviluppi futuri sono le seguenti:

- Banda L5: sia GPS che Galileo trasmetteranno segnali a larga banda su questa frequenza, con conseguenti migliori prestazioni di *tracking*; questa banda è più indicata quindi per applicazioni di tipo specialistico che per mass-market
 - Banda L1: la modulazione BOC, utilizzata da Galileo OS, fornisce un segnale più resistente al *multipath* ed alle interferenze, nonché permettere una migliore soppressione del rumore termico, rispetto al BPSK usato dal GPS; Galileo trasmetterà inoltre su questa banda il *Pilot Tone*, che permetterà notevoli miglioramenti delle prestazioni in aree a scarsa copertura del segnale (vedi introduzione). Le migliori prestazioni di Galileo sono comunque ottenute a spese di una maggiore occupazione di banda (e quindi un maggior consumo di batterie rispetto all'equivalente ricevitore GPS). Ciò potrebbe avere un impatto sulla commercializzazione di ricevitori a basso costo
 - Banda L2: Galileo non è presente su questa banda. La spaziatura di L1, L2, L5 consente al GPS di realizzare migliori combinazioni di frequenze per *narrow-laning* e *wide-laning*
 - Banda E6: GPS non è presente qui; il segnale Galileo in tale banda consentirà all'utente l'utilizzo dei Commercial Services e l'operatività in multi-frequenza
- In generale, è possibile affermare quanto segue:
- i costruttori di ricevitori forniranno in futuro diverse classi di ricevitori con diverse combinazioni di segnali e di livelli di servizio (in termini di tipo di applicazioni, robustezza del segnale dei ricevitori desiderata e possibilità di combinazioni di segnali/servizi) e la relativa assistenza per fornire il prodotto più adeguato.
 - è prevedibile che il settore *consumer* preferirà soluzioni a basso costo (basate su segnali a ridotta occupazione di banda).

- le applicazioni di tipo avionico necessiteranno di segnali robusti e di servizi di integrità.
- il mondo del rilievo professionale (geodetico e catastale) necessiterà di utilizzare al massimo la possibilità di combinazione delle diverse frequenze, un migliore modellamento degli errori ionosferici e tecniche di soluzione delle ambiguità più affidabili.

Altri sviluppi

Uno dei filoni commerciali e di ricerca più interessanti nel settore del posizionamento riguarda attualmente la possibilità di ottenere misure di precisione a basso costo. Una delle vie più interessanti è rappresentata da alcune ricerche

svolte da Nokia tese alla realizzazione di cellulari per comunicazione mobile GPRS e ricevitori GPS commerciali integrati, in grado di operare a basso costo con misure di fase e fornire accuratissime di posizionamento sub-decimetriche in RTK. Tale soluzione, denominata *Mobile RTK* (mRTK) prevede l'integrazione di un classico cellulare con ricevitore GPS a 12 canali e singola frequenza ed un sensore inerziale in grado di rilevare il movimento del ricevitore. Il secondo ricevitore GPS necessario per la soluzione delle ambiguità di fase (effettuata con classico algoritmo LAMBDA all'interno del cellulare mobile) invia le proprie misure grezze ad un server dedicato che si prende in carico il compito di passare lo *stream* suddetto tramite rete TCP/IP al ricevitore mobile. Il sensore inerziale (un accelerometro 3D) svolge in questo caso un compito essenziale in quanto, se viene rilevato che il ricevitore utente non è in movimento, il numero di incognite viene ridotto notevolmente. In tal modo le ambiguità possono essere risolte con un numero inferiore di misure ed in modo più veloce. La comunicazione fra il cellulare ed il ricevitore avviene al momento tramite protocollo proprietario e canale Bluetooth. Il ricevitore riceve inoltre

dal server suddetto le informazioni classiche A-GPS per aumentare l'efficienza del processo. Dai test eseguiti risulta che la soluzione delle ambiguità di posizionamento viene effettuata con efficienza solo entro i 5 Km dalla Stazione di Riferimento. Considerando la stazione di riferimento installata in una BTS GSM ed il raggio di copertura classico della stessa (dell'ordine dei 35 Km) si nota come sarebbero necessarie diverse stazioni di riferimento per coprire un'intera cella GSM. A questo punto ci viene incontro la tecnologia VRS, che, tramite la creazione di una griglia di Stazioni Virtuali, permetterebbe di poter effettuare posizionamenti RTK in ogni punto della cella GSM. Tale problema non sussisterà per comunicazioni tramite UMTS, per le quali la cella base ha un raggio di 6 Km. Utilizzando il protocollo proprietario sviluppato per la fornitura dei dati di misura delle stazioni di riferimento (l'RTCM non è stato utilizzato, poiché non contiene tutti i parametri necessari al funzionamento di mRTK), si evince una occupazione di banda di 2.3 Kbs per 12 satelliti, comparabile con l'attuale RTCM. Uno degli sviluppi futuri di tale ricerca potrebbe essere, oltre all'uso integrato con il VRS, lo studio della comunicazione diretta tra il ricevitore mobile e la stazione di riferimento con WLAN o messaggi *embedded* in VoIP. Da questa ricerca si può capire come la sinergia di tecnologie sviluppate per il mercato consumer (A-GNSS, ricevitori a basso costo *Off-The-Shelf*) e per il mercato professionale (RTK, tecnologia MRS/VRS) possa portare alla convergenza degli interessi dei rispettivi business, e quindi ad futuro di applicazioni sempre più basate sul concetto di GNSS.

L'integrazione dei sistemi di comunicazione

Una delle innovazioni in via di sviluppo da parte dell'Agenzia Spaziale Europea è il sistema SISNET. Il sistema prevede il broadcasting dei messaggi verso gli utenti dotati di sistema EGNOS mediante sistemi di comunicazione mobile terrestre (GSM, GPRS, UMTS), permettendo così il superamento delle limitazioni di un broadcasting basato sui satelliti geostazionari (al momento satelliti InMarsat), ad esempio in zone con copertura limitata, come nelle aree

urbane. Tale sistema permette, quindi, un notevole incremento della disponibilità del servizio, con le accuratissime tipiche del posizionamento EGNOS basato su codice C/A (livello metrico).

Negli ultimi anni si sono, inoltre, sviluppati filoni di ricerca tesi alla realizzazione di sistemi realmente Wide per la fornitura di servizi di precisione RTK sub-decimetrici con fase.

La tecnologia WARTK, sul filone degli sviluppi degli ultimi anni della tecnologia VRS e basata sulla modellistica fine degli errori dipendenti dalla distanza e sulla possibilità di utilizzare una rete estesa di stazioni di Riferimento (es. le stazioni RIMS del sistema EGNOS), permetterà in futuro di effettuare rilievi di precisione mediante griglia di correzioni (o misure grezze virtuali) con distanze dalla stazione di riferimento più vicina di centinaia di chilometri. L'integrazione con tecniche di elaborazione multi-frequenza (es. TCAR), consentirà inoltre di raggiungere realmente l'obiettivo di posizionamento di precisione istantaneo. Anche l'affidabilità del posizionamento, altro cruccio che limita lo sviluppo del rilievo RTK, avrà notevoli miglioramenti con l'utilizzo di questa nuova tecnologia.

Conclusioni

Dalla panoramica descritta nel corso del nostro articolo si evince come l'innovazione vera non consiste in un singolo sviluppo tecnologico, ma piuttosto dalla convergenza di diversi livelli di integrazione. Da una parte le idee, dall'altra le infrastrutture e le telecomunicazioni, e nel bel mezzo di tutto ciò la modellistica, ovvero la disponibilità di informazioni adeguate e di modelli da far interagire con le misure reali dei sistemi di posizionamento attraverso lo sviluppo di software e firmware adeguati, che permettano di impiegare al massimo livello l'hardware innovativo spesso già disponibile.

Autore

ROBERTO CAPUA
E-mail: capua.roberto@yahoo.it

DOMENICO SANTARSIERO
E-mail: sandom@geo4all.it

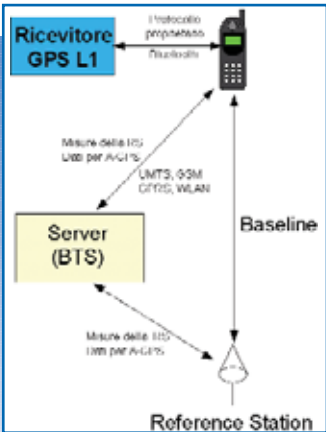


Figura 3 - L'architettura del sistema Nokia