

GPS Software

una nuova frontiera per

di Roberto Capua

Negli ultimi anni ha preso piede una nuova tendenza nella progettazione e sviluppo dei ricevitori GNSS che si prefigge l'obiettivo di portare il livello di digitalizzazione del segnale il più vicino possibile all'antenna. Tale approccio nasce dal mondo militare e viene comunemente denominato *Software Receiver (SR)* o *Software Defined Radio*. L'introduzione di tale tecnologia è basata sulla riduzione al minimo delle componenti hardware a radiofrequenza e sull'impiego di livelli software molto avanzati. Tale tecnologia permette di produrre ricevitori *altamente riconfigurabili*, flessibili ed a basso costo. La tecnologia oggi disponibile sul mercato, ha ampiamente superato le fasi di sperimentazione, di simulazione e di progetto avutesi nelle sedi universitarie internazionali, e si è ormai vicino al traguardo commerciale delle *applicazioni embedded* orientate al mercato consumer e professionale. L'articolo che segue tratta brevemente lo stato dell'arte di tale tecnologia e le sue prospettive future.

Un po' di storia

Nei primi anni '90 gli USA avevano necessità di affrontare nuove sfide nel campo delle telecomunicazioni in ambito militare. Le classiche tecnologie hardware, con un livello intrinseco di rigidità nelle specifiche di utilizzo ed i lunghi costi e tempi di ricerca e sviluppo non sembravano più adeguate a garantire tali obiettivi.

Per questo, il DoD (*Department of Defense*) americano lanciò il progetto *Speakeasy*, con l'obiettivo di testare le tecnologie radio programmabile e multibanda. *Speakeasy* dimostrò il concetto che è ora alla base della tecnologia *Software Receiver*. Si dimostrò infatti che spostando la parte hardware di conversione analogico/digitale (A/D) il più possibile vicino all'antenna era possibile risolvere il processamento del segnale demodulato a frequenza intermedia (FI) attraverso un componente software invece che hardware (correlatori e sistemi PLL e DLL completi).

Il mondo militare godeva così di un'alta riconfigurabilità e flessibilità e, di conseguenza, della possibilità di effettuare rapidi cambi di frequenza, di livelli di autorizzazione e di protocollo di comunicazione non più possibili con le classiche tecnologie hardware. Il *Software Receiver* è così stato messo alla base del *Joint Tactical Radio System (JTRS)* per lo sviluppo di apparati radio che permettessero una comunicazione sicura e in tempo reale tra le forze alleate.

I ricevitori GNSS

Le componenti funzionali di un ricevitore GNSS coincidono in linea di massima con le seguenti funzionalità:

- RF *front-end* (antenna, amplificatore, componenti RF per conversione ad IF e successiva demodulazione).
- Acquisizione Iniziale del Segnale (Codice e Portante).
- Tracking del Segnale (Codice e Portante).
- Sincronizzazione di frame e di bit del messaggio di navigazione.
- Navigazione (calcolo della posizione).

Il confronto fra codice e portante GPS ricevuti dal satellite e le rispettive repliche prodotte dal ricevitore erano effettuate fino agli anni '90 esclusivamente mediante correlatori hardware, a causa delle limitate capacità di calcolo dei processori. Nel 1990, un gruppo di ricercatori presso il *Jet Propulsion Laboratory (JPL)* della NASA, introdusse una tecnica di elaborazione dei segnali CDMA (Code Division Multiple Access, come il segnale GPS) basata sull'utilizzo di FFT (*Fast Fourier Transform*). Gli studi nel settore dell'acquisizione del segnale GPS via software tramite FFT ed IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) sono proseguiti fino al 2001, anno in cui la Stanford University ha finalmente prodotto un *Software Receiver* operante in tempo reale, in singola frequenza e per il solo codice C/A.

Le tipologie di Software Receiver esistenti

Al momento i *Software Receiver* esistenti possono essere classificati in tre grandi gruppi, ovvero i sistemi *Post-Processing*, in *Tempo Reale*, e *FPGA (Field Programmable Gate Array)*, le cui caratteristiche di massima sono le seguenti:

- I ricevitori in *Post-Processing* vengono ad oggi impiegati per lo più per testare nuovi algoritmi o per effettuare analisi di segnali (es. il nuovo Galileo).
- I ricevitori in *tempo reale* sono ovviamente la vera frontiera (anche a livello commerciale) di questa tecnologia. Per i primi prototipi sono stati utilizzati DSP (*Digital Signal Processor*), ma ora la capacità elaborativa ha permesso di realizzare SR su PC o su piattaforme *embedded* (es. cellulari o PDA). I PC utilizzano come linguaggi C, C++ o MATLAB, mentre per le applicazioni *embedded* si utilizza C od assembler dedicato. A causa delle limitate risorse computazionali delle soluzioni *embedded*, le applicazioni di tipo più spinto (es. multi-frequenza) vengono per ora effettuate solo con PC.
- I ricevitori FPGA sono componenti hardware

Receiver

Le applicazioni *embedded*

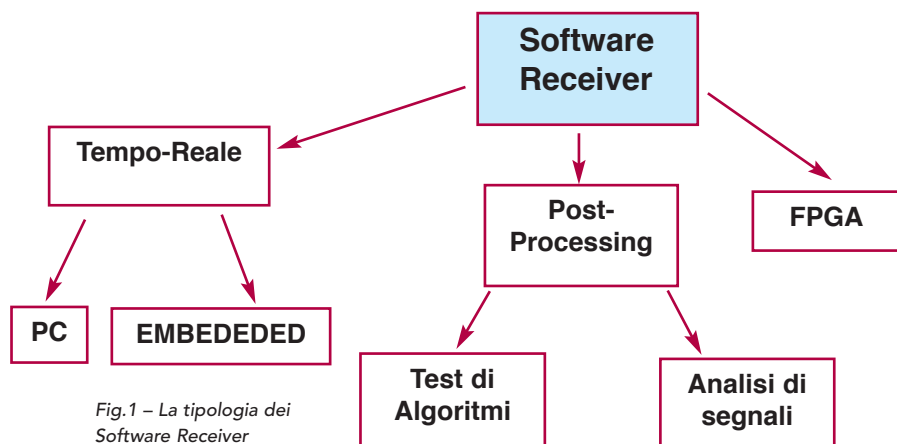


Fig.1 – La tipologia dei Software Receiver

programmabili in grado di replicare elementi di logica combinatoria. Tali dispositivi sono facilmente programmabili con linguaggi standard (C, Assembler, etc.), e consentono quindi la realizzazione di sistemi SR stand alone.

La scelta del Front-End RF

Come già accennato, l'unica componente hardware necessaria per la realizzazione di un *software receiver* è il *Front-End RF*, il cui compito è di filtrare il segnale GPS, convertirlo a Frequenza Intermedia (es. mixer e supereterodina) o demodularlo in Banda Base (come nelle recenti soluzioni) o utilizzando tecniche di campionamento diretto del segnale, e passarlo al convertitore Analogico/Digitale. Esso provvederà a fornire il segnale campionato allo stadio di elaborazione software installato su un PC, un PDA, od altro.

Storicamente le prime esperienze su *software receiver* furono effettuate utilizzando chip commerciali, come il GP-2010, in grado di fornire il segnale a Frequenza Intermedia su 40.39 MHz. Un convertitore A/D provvedeva quindi alla digitalizzazione ed al trasferimento dei dati in un PC per l'elaborazione.

Al momento le combinazioni tecnologiche più diffuse nell'impiego operativo di apparati SR sono le seguenti.

- Utilizzo di ricevitori e di convertitori A/D di tipo commerciale: connessi ad es. via card PCI, sono in grado di fornire il segnale campionato a FI (*Frequenza Intermedia*) direttamente al PC. Il segnale GNSS a FI può essere estratto da componenti commerciali (es. schede OEM GPS). Tale soluzione è stata fra le prime adottate, ad es. dall'Università di Calgary, presso di cui è stato utilizzato un

Novatel Euro 3M, da cui sono stati estratti i campioni a FI, passati ad un FPGA e ad una scheda di acquisizione per essere elaborati da un PC. Tale soluzione consente una maggiore facilità di realizzazione, ma non è tuttavia possibile intervenire sulle frequenze utilizzate e sulla banda utilizzabile.

- Utilizzo di dispositivi commerciali integrati per la demodulazione del segnale GPS con convertitore A/D ed interfaccia verso un PC. L'Università di Cornell ha ad esempio utilizzato il Front-end Zarlink GPS-2015 insieme ad una card di acquisizione PCI per la fornitura del segnale campionato al PC e la realizzazione in un *software*

receiver a doppia frequenza. All'Istituto di Geodesia dell'Università di Monaco, in collaborazione con l'Istituto Fraunhofer di Circuiti Integrati, come anche presso il Dipartimento di Radioingegneria dell'Università di Praga, si sta invece lavorando allo sviluppo di un ricevitore software basato su un *Front-End* realizzato con l'integrazione di singoli componenti commerciali (mixer, amplificatori, filtri, ecc.). Tale soluzione risulta flessibile a livello di progetto per frequenze e bande utilizzabili, ma richiede una conoscenza del mondo RF per la sua realizzazione e conseguentemente dei costi di sviluppo.

- *USB Front-End* sembra emergere tra le soluzioni di ultima generazione. Tale approccio consente la realizzazione di

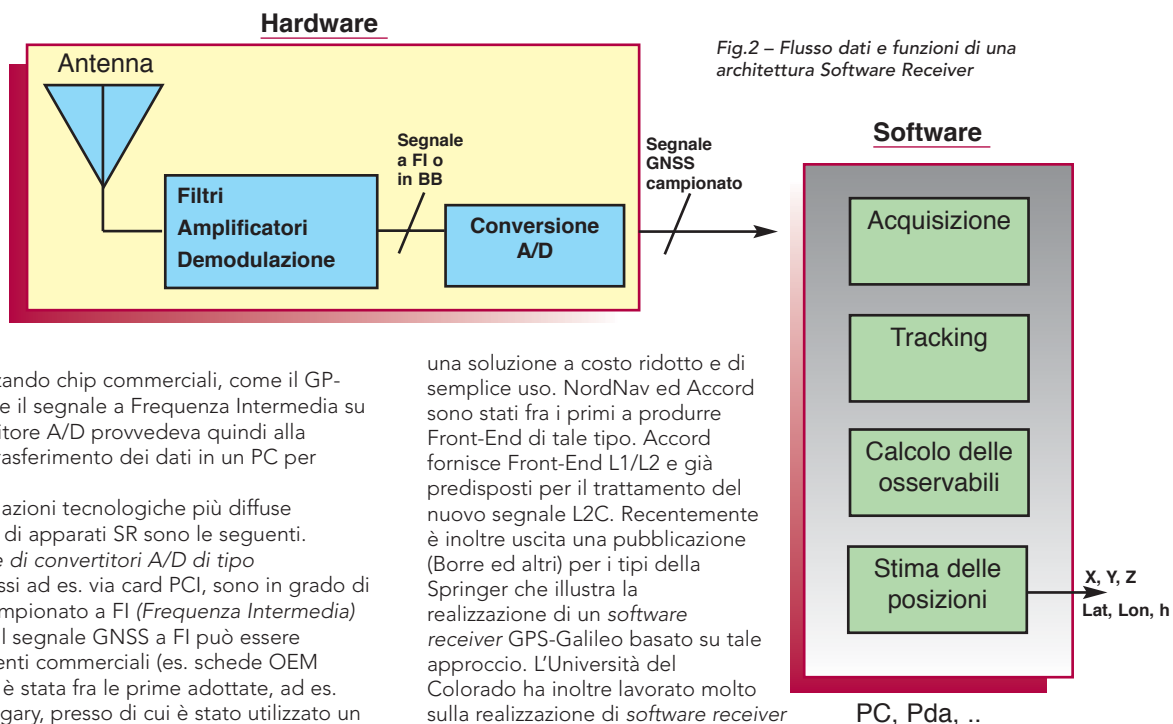


Fig.2 – Flusso dati e funzioni di una architettura Software Receiver

una soluzione a costo ridotto e di semplice uso. NordNav ed Accord sono stati fra i primi a produrre Front-End di tale tipo. Accord fornisce Front-End L1/L2 e già predisposti per il trattamento del nuovo segnale L2C. Recentemente è inoltre uscita una pubblicazione (Borre ed altri) per i tipi della Springer che illustra la realizzazione di un *software receiver* GPS-Galileo basato su tale approccio. L'Università del Colorado ha inoltre lavorato molto sulla realizzazione di *software receiver*

PC, Pda, ..

su USB utilizzando codice derivante dall'iniziativa OpenGPS. L'Università di Monaco e l'Istituto Fraunhofer di Circuiti Integrati hanno annunciato la produzione in un SR in grado trattare L1, L2 ed L5 ed il segnale OS di Galileo. La tedesca IfEN ha recentemente annunciato la produzione di un ricevitore GPS-Galileo (Navport). Da notare che la velocità di trasferimento massima assicurata dalle porte USB sarà sufficiente per il trasferimento delle grosse moli di dati provenienti dai segnali multifrequenza campionati della doppia costellazione GPS e Galileo. Lo sviluppo degli USB Front-End sembra quindi essere la via attualmente più promettente. Le tematiche maggiori che dovranno essere affrontate sono la fornitura dei dati di fase per le applicazioni di alta precisione (con l'integrazione di ulteriori componenti discreti o con l'utilizzo della parte RF degli attuali) e le possibili limitazioni che la velocità di trasferimento potrebbe comportare con l'avvento dei nuovi segnali di navigazione.



Fig.3
Un ricevitore SR della NordNav

I ricevitori SR commerciali per soluzioni embedded

Diverse industrie hanno già investito nella produzione di Software Receiver GPS, ed un elenco non esaustivo delle componenti è il seguente:

- NordNav ha prodotto il primo SR di tipo commerciale a 24 canali ed interfaccia USB.
- SiRF, uno dei maggiori produttori mondiali di chipset GPS, ha recentemente prodotto il software SiRFSoft, tramite il quale è possibile sostituire il chip di elaborazione del segnale GPS con una componente *embedded* di tipo software in grado di girare su processori Intel X-Scale (frequentemente utilizzati nei cellulari e nei PDA).
- NAVSYS fornisce diverse soluzioni a supporto della tecnologia Software Receiver. Di particolare interesse POSCOMM, l'unità SR in grado di combinare misure GPS e misure di distanza effettuate tramite sistemi di comunicazione mobile quali il TOA (Time Of Arrival).
- Philips ha prodotto Spot, una componente SR per il mercato della comunicazione mobile, in grado di essere installato all'interno dei processori dei cellulari e di sostituire la parte di processamento GPS hardware, con notevole aumento dell'efficienza. Tale soluzione consente di lavorare in modalità A-GNSS (Assisted GNSS).
- RF Micro Devices (RFMD) produce una soluzione SR per piattaforma X-Scale, dotata di kit di valutazione e tools di supporto.
- CellGuide ha annunciato la produzione di CDSOFT, un sistema GPS L1 SR predisposto per piattaforme ARM e DSP.

- Il Center for Remote Sensing (CRS) ha prodotto GPSBuilder, un kit (software e necessario hardware) per lo sviluppo e l'operazione di ricevitori GPS SR L1/L2 ad elevate prestazioni.

Altre applicazioni

Oltre che per l'ambito *embedded* citato, il software receiver ha notevoli applicazioni in diversi settori in cui sono richieste soluzioni altamente flessibili ed a bassi costi. L'SR viene utilizzato per la realizzazione di sistemi di guida missilistica di precisione (meglio perdere un software che un hardware di precisione!). Nel campo del GIS e del monitoraggio ambientale, esistono soluzioni che utilizzano ricevitori *embedded* SR montanti su un aereo, in integrazione con sensori multispettrali ed inerziali, per la raccolta delle misure provenienti da cielo aperto e da scattering del suolo per la successiva analisi interferometrica e l'analisi del terreno. Prospettive di utilizzo estensivo di Reti di stazioni GPS a basso costo per soluzioni E911-E112 (sistemi di emergenza USA ed Europeo) sono inoltre allo studio, nonché le opportunità date dalla facile integrazione di sensori inerziali e GPS via software, che permetteranno lo sviluppo ed il test di soluzioni innovative di posizionamento per ricevitori di tipo avanzato.

Le prospettive future

La flessibilità intrinseca degli SR sta naturalmente sfociando nella realizzazione di soluzioni di posizionamento ibrido di notevole interesse. Grazie alle aumentate possibilità di analisi ed elaborazione del segnale, lo sviluppo di terminali per il posizionamento *indoor* basato su integrazione di SR e sensori inerziali o sistemi di posizionamento basati su sistemi terrestri è uno dei maggiori campi di studio. Anche nell'ambito del progetto Galileo si sta lavorando allo sviluppo di soluzioni *software receiver*, attraverso il progetto GRANADA (Galileo Receiver Analysis and Design Application), finanziato nell'ambito del VI Programma Quadro di Ricerca e Sviluppo della Commissione Europea.

Conclusioni

I vantaggi insiti nelle soluzioni *software receiver* sono evidenti: flessibilità massima in fase di progetto delle applicazioni, veloce *time-to-market*, bassi costi di realizzazione ed integrazione con altri sensori. In un mondo in cui i sistemi ed i servizi stanno rapidamente convergendo ed in cui l'intelligenza e la flessibilità nella realizzazione degli stessi stanno diventando il vero valore aggiunto per il successo, le soluzioni basate sui *software receiver* sembrano essere una idea di forza, non solo per il mercato consumer, ma soprattutto per i settori in cui l'uso del GPS è ancora frenato da fattori di costo e di difficoltà di integrazione con sistemi e procedure esistenti (es. rilievo topocartografico, monitoraggio del territorio, sviluppo di SIT, ecc.). In conclusione sorgono però spontanee due domande: sarà possibile avere in un prossimo futuro un lavoro di ricerca applicata di un'università italiana che parta da un'idea innovativa nostrana e porti alla realizzazione di prototipi GPS Software Receiver, magari nel campo delle soluzioni in tempo reale o per l'alta precisione? Ed ancora: è finalmente arrivato il momento di aprire il mercato dei ricevitori di fascia alta (rilievo di precisione e geomatica) alle soluzioni *embedded* a basso costo? Nei prossimi anni avremo sicuramente le risposte; intanto sarà necessario guardarsi intorno e allargare i nostri orizzonti operativi in funzione di scenari che mutano velocemente.

Limiti tecnologici e applicativi delle soluzioni SR

La maggiore limitazione da superare è il basso throughput gestibile con le soluzioni software in tempo-reale per l'evidente carico computazionale e la mole di dati da trattare via software. A tale scopo, soluzioni con integrazione degli SR all'interno di DSP o di processori dedicati consentirebbe di aumentarne notevolmente le prestazioni. Il mercato attuale sembra convergere verso la tecnologia mobile (SmartPhones e PDA). E' quindi sull'integrazione in tali ambienti che si giocherà la partita dell'economia di scala, dove le elevate prestazioni non sono al momento richieste. Il mercato SR è già pronto per questo, con soluzioni basate su segnali di tipo L1 + C/A.

D'altro canto, i seguenti indubbi vantaggi spingeranno verso l'utilizzo di soluzioni *embedded* SR nel prossimo futuro: Le soluzioni SR permetteranno lo sviluppo di ricevitori altamente riconfigurabili e pronti all'utilizzo in ambienti multi-frequenza e multi-costellazione; ciò potrebbe inoltre abbattere i costi di transizione al sistema integrato GPS-Galileo-Glonass. L'aumento delle capacità computazionali dei processori consentirà sempre più la realizzazione di applicazioni in tempo-reale per applicazioni di tipo professionale

Le applicazioni di fascia alta in Post-Processing potranno usufruire sin da ora di misure inerentemente grezze da poter analizzare (es. telerilevamento e GIS, rilievo di precisione, geodesia, ecc..)

Lo sviluppo di reti estese di stazioni permanenti GNSS potrebbe utilmente usufruire della tecnologia grazie alla riduzione in termini di costi degli apparati, delle installazioni e della manutenzione. In termini di costi di sviluppo ed integrazione, la tecnologia SR è in grado di abbattere i costi di realizzazione dei ricevitori per applicazioni scientifiche e di fornire dunque soluzioni più flessibili ed aperte.

Autore

ROBERTO CAPUA
capua.roberto@yahoo.it