



Prima stesura: 12/04/2004

Ultimo aggiornamento: 23/01/2007.

D. Cos'è il GPS?

R. GPS è l'acronimo di **Global Positioning System**, sistema di posizionamento globale. L'intuizione teorica del posizionamento satellitare globale è datata 1940, diciassette anni prima della messa in orbita di Sputnik 1 (il primo satellite artificiale della storia). La progettazione del GPS parte ufficialmente nel 1963, ma già dal 1957-1958 si trovano tracce dei primi esperimenti doppler svolti a terra. Il progetto, finanziato dal Dipartimento della Difesa USA e classificato top secret per 15 anni, prende quindi il via durante la guerra fredda **per scopi esclusivamente militari**. La sola **fase di progettazione** del sistema GPS ha richiesto quasi 16 anni principalmente a causa del fatto che all'epoca i progettisti avevano individuato soluzioni tecnologiche che non erano ancora state in realtà sviluppate o affinate. Il primo satellite GPS viene messo in orbita nel 1978. La principale necessità che ha dato impulso iniziale ai progetti di posizionamento satellitare era quella di elevare la precisione dei missili a medio raggio senza dover ricorrere a guide elettroniche poste sull'obiettivo o nelle sue immediate vicinanze, ma soprattutto senza doversi affidare a calcoli balistici condizionati da una quantità enorme di fattori. E' proprio grazie alle tecnologie di posizionamento satellitare che nascono i cosiddetti "bombardamenti chirurgici". Ferma restando la negatività di qualsiasi guerra, è innegabile che i bombardamenti chirurgici hanno salvato migliaia di vite umane, così come è innegabile che lo sviluppo tecnologico ha spesso tratto sostanziali benefici e forti accelerazioni dalle ricerche in campo militare. Altri scopi erano quelli di coordinare i movimenti delle truppe su territorio nemico e guidare quelle particolari testate atomiche "fantasma" che durante la guerra fredda erano alloggiate in appositi silos in costante movimento negli oceani. E' poco noto che ci sono stati vari sistemi precursori e/o alternativi del GPS (es. Landmark, Omega, Satnav, Loran, ecc.). Tali sistemi, pur limitati e grossolani, hanno contribuito a generare esperienze **determinanti** per lo sviluppo e l'affinamento del GPS.

L'investimento complessivo connesso alla progettazione e all'avvio del sistema GPS è stato stimato nell'ordine dei **28000 miliardi di vecchie lire** non attualizzate; all'investimento iniziale vanno aggiunti 400 milioni di euro all'anno circa per la gestione ordinaria da terra e i 7 miliardi di euro circa necessari al completo rinnovo della costellazione ogni sette anni e mezzo.

Con il completamento della seconda versione del GPS (denominata "Block two" 1989-1994), il governo USA **decide di rendere pubblici i parametri di accesso per sfruttare il sistema**. I satelliti sono già dotati di un apposito canale radio sfruttabile autonomamente, denominato L1 o canale civile. La guerra fredda è un ricordo lontano e anche "desert storm" è ormai archiviata; la potenza della macchina bellica USA è ai vertici mondiali mentre quella russa è in rapido declino e quella cinese non desta particolari preoccupazioni. Lo scacchiere arabo è relativamente quiescente. E' uno dei pochi periodi del secolo scorso in cui il pianeta non risulta interessato da guerre su vasta scala o rilevanti tensioni sul piano internazionale. Nonostante ciò la decisione del governo americano risulta inattesa e un poco sorprendente. **Il 1994 segna l'inizio ufficiale della grande esperienza del GPS civile, con ogni probabilità il più vasto, sofisticato e complesso sistema tecnologico permanente mai creato dal genere umano e punto di svolta epocale nella sicurezza aerea e marittima.**

Il sistema GPS è attualmente composto da 24 satelliti operativi e tre satelliti latenti (vere e proprie "ruote di scorta") classe NAVSTAR blocco 2A-2As, oltre a 5 stazioni di controllo a terra dislocate alle Hawaii, Ascension Island, Diego Garcia, Kwajalein e Colorado Springs. Il produttore dei satelliti blocco 2A è la Rockwell International. 21 satelliti del blocco 2A sono stati gradualmente sostituiti nel corso del 2004-2006 da nuovi satelliti (2As) commissionati questa volta alla Lockheed Martin. Una delle caratteristiche peculiari del sistema GPS è quella di essere **costantemente al passo con l'evoluzione tecnologica** grazie al periodico rinnovo della costellazione (la vita media di un satellite GPS è di circa 7 anni e mezzo). I satelliti GPS orbitano a 20197 km. dalla terra (poco più della metà della distanza per l'orbita geostazionaria, quindi **non sono satelliti geostazionari**). Impiegano circa 12 ore per compiere un'orbita completa attorno alla terra con una velocità di spostamento riportata al suolo terrestre di circa 3000Km/h

SLM e una velocità sul piano dell'orbita di circa 13000Km/h. L'attrazione gravitazionale della Luna, le lievi irregolarità della terra (che sappiamo non essere perfettamente sferica, bensì geoidale) e altri influssi minori possono generare **lievi discrepanze** fra l'orbita pianificata e quella reale, tali da compromettere il delicato equilibrio su cui si basa il sistema GPS. Per questo motivo i sei piani orbitali della costellazione sono costantemente monitorati da un bureau tecnico in seno al Dipartimento della Difesa USA, che assicura la precisione **centimetrica** di distanze orbitali misurabili nell'ordine di **migliaia di chilometri**. Gli altri centri di controllo a terra, sopraccitati, curano essenzialmente i sincronismi temporali e i parametri di navigazione detti "**Almanac**", la cui manutenzione è un fattore chiave per il buon funzionamento del sistema GPS insieme alla cura dei piani orbitali.

La gamma di trasmissione radio del GPS civile (1,57542Ghz L1 coarse acquisition) e la trasmissione codificata digitale di tipo spread spectrum sono state scelte sapientemente e si sono rivelate scelte vincenti. 1,6Ghz è una gamma radio non particolarmente elevata, sopra il limite entro il quale le radiotrasmissioni dallo spazio possono essere fortemente condizionate da fattori naturali ionosferici e troposferici e sotto al limite oltre il quale un'onda radio diviene eccessivamente sensibile agli ostacoli ambientali e relative riflessioni. Questa gamma inoltre presenta la caratteristica di risentire marginalmente delle condizioni meteo. Ogni ricevitore GPS è in grado di operare una sorta di verifica algoritmica delle informazioni; ciò consente di sopperire in maniera attiva a segnali radio particolarmente deboli e/o discontinui mediante **l'autogenerazione** delle informazioni non ricevute. In termini estremamente semplificati possiamo dire che se non sono disponibili tutti pezzi di un puzzle, mediante determinati algoritmi un ricevitore GPS individua quali pezzi mancano e li "genera" ponendoli nella giusta posizione per ottenere il quadro di insieme. Il GPS è infine uno "stato dell'arte" nell'efficienza delle radiocomunicazioni, il cui livello va ben oltre i comuni principi di riferimento pratico nel campo della radiopropagazione.

Quanto sopra ha favorito il sistema GPS su due fronti: la messa a punto e l'ingresso in commercio di ricevitori GPS compatti dal costo ridotto e l'utilizzo di antenne riceventi di dimensioni incredibilmente contenute **considerando che devono operare con segnali satellitari**; tali antenne, pur presentando una contenuta direttività, ricevono correttamente segnali radio spread spectrum deboli e instabili, la cui direzione di provenienza varia continuamente.

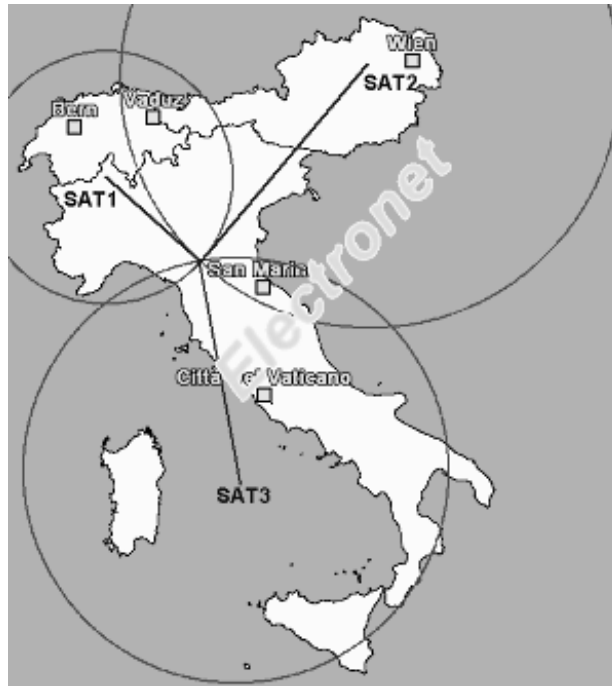
Il servizio che offre il GPS è basato su calcoli geometrici aventi come punto di riferimento delle **rette virtuali** la cui lunghezza è calcolata in base alla **velocità di propagazione delle onde radio** (in pratica la medesima velocità della luce, 300000Km/s). La precisione temporale è affidata agli orologi atomici, unici sistemi attualmente a disposizione del genere umano in grado di assicurare precisioni nell'ordine dei nanosecondi. In sintesi, senza annoiare i visitatori del sito Electronet con una sterile elencazione teorica di dati e argomenti tecnici, possiamo dire che un satellite GPS conosce e **trasmette principalmente**:

- 1) **Navigation Message**: include l'almanac, le posizioni di tutti i satelliti, il codice identificativo del satellite e altre informazioni, il tutto raccolto in un pacchetto di dati.
- 2) **Codice digitale PRN** (codice a variazione pseudo-casuale di tipo "Coarse Acquisition" o per brevità "pattern"). Tale codice viene ripetuto mille volte al secondo e rappresenta nella sostanza **un punto di riferimento temporale** che il satellite invia al ricevitore GPS (vedere oltre).

Un ricevitore GPS civile invece riceve contemporaneamente le trasmissioni radio di più satelliti, acquisendo principalmente:

- 1) **Navigation Message**.
- 2) **Il codice digitale PRN "Coarse Acquisition"**. Parallelamente il ricevitore genera un proprio codice "Coarse Acquisition" autonomo che sincronizza costantemente con quello del satellite (l'operazione avviene sulla base delle apposite informazioni che satellite stesso periodicamente invia; il margine di errore della sincronizzazione è di circa un nanosecondo). Quindi il ricevitore, che ovviamente non è dotato di un proprio orologio atomico, conosce così **l'orario esatto di partenza di ogni impulso radio trasmesso dal satellite** e può compararlo con quello di **effettiva ricezione**: la differenza è dovuta al lasso di tempo che l'onda radio impiega per percorrere la tratta satellite-ricevitore. Tale differenza viene quantificata dal ricevitore in termini di **distanza dal satellite** sulla base della nota formula velocità=spazio/tempo.

Il ricevitore GPS quindi **conosce la posizione di ogni satellite e la distanza** in linea ottica che lo separa da ogni satellite. A questo punto la parola passa alla geometria e alla trigonometria: noti gli elementi geometrici di base, il ricevitore GPS effettua gli opportuni calcoli.



Immaginiamo tre sfere che si intersecano e che hanno due soli punti comuni di intersezione, uno basso e uno alto (quello alto viene automaticamente scartato dal ricevitore perchè nello spazio). Il punto di intersezione basso **corrisponde alla posizione terrestre del ricevitore GPS**. Per ottenere una posizione comprensiva anche dell'altitudine sul livello del mare è necessaria l'intersezione di una quarta sfera, quindi la ricezione di un quarto satellite. Gli esperti preferiscono parlare di "trilaterazione" e la spiegazione sarebbe in realtà più complessa e vasta, ma per fornire un'idea generale di come funziona il GPS possiamo limitarci a quanto sopra senza discostarci sostanzialmente dal concetto di base. Il completamento delle operazioni avviene attribuendo **delle sequenze numeriche universali** univoche alla posizione ricavata (in pratica sono le famose "coordinate longitudine/latitudine").

Le potenzialità del sistema GPS sono enormi, in parte ancora oggi da scoprire e affinare, dalla sicurezza personale a quella lavorativa, dalla protezione civile alla navigazione stradale, aerea e marittima. La crescente miniaturizzazione dei circuiti elettronici ha favorito l'avvento sul mercato di ricevitori GPS con dimensioni altamente miniaturizzate e prestazioni impensabili appena pochi anni fa. Il margine di errore reale assoluto del sistema GPS è stimato nell'ordine di un metro, ma fonti ufficiose parlano di circa 50 centimetri; tuttavia per sfruttare questo margine di errore necessitano appositi ricevitori GPS militari in grado di decodificare contemporaneamente sia le trasmissioni GPS sulla gamma L1 (1,57Ghz Coarse Acquisition) che sulla gamma L2 (1,22Ghz Precise Acquisition). L'utilizzo della gamma L2 è **formalmente precluso** all'utenza civile mediante la criptazione del relativo codice PA. Un ricevitore GPS civile si appoggia **alla gamma L1, quindi l'errore minimo è indicativamente di 15-20 metri**. Prima del mese di maggio 2000 l'errore medio era di **100-150 metri** in condizioni operative ottimali, ma poteva facilmente arrivare a 250-300 metri in condizioni normali. Successivamente un particolare limitatore operativo sul segnale radio, in codice "SA", è stato ritoccato per aumentare la precisione del GPS civile dando così un impulso decisivo al suo enorme successo commerciale. Il livello di precisione può essere ulteriormente migliorato pur senza libero accesso alla "Precise Acquisition L2", ma necessitano segnali ausiliari denominati **W.A.A.S.** (pienamente operativi al momento solo negli USA). Recentemente un docente dell'Università di Ferrara ci ha segnalato che anche in Europa il W.A.A.S. dovrebbe entrare a regime entro breve. **Il GPS funziona in ogni angolo del pianeta, anche il più remoto e inaccessibile, 24 ore su 24, giorno e notte, 365 giorni all'anno e con qualsiasi condizione meteo**; oltre alle coordinate può rilevare anche l'altitudine sul livello del mare: in questo caso il margine di errore del GPS civile è di circa 20-25 metri verticali ed è necessaria perlomeno la ricezione di 4 satelliti.

Un ulteriore conferma dell'affidabilità del progetto viene dal fatto che la costellazione 2A ha superato in maniera quasi indenne la tempesta magnetica che ha investito il nostro pianeta nel periodo 2002 – 2003, dovuta ad una straordinaria attività delle macchie solari.

Un'ultima considerazione va spesa sulla **continuità del servizio GPS civile**, che peraltro è **completamente gratuito**. Non vi sono segnali che possano far pensare a prossime limitazioni nell'accesso al canale civile L1, tuttavia va fatto notare che **non è possibile fornire garanzie valide per il futuro**. Ogni decisione è in mano al proprietario del sistema, il governo USA. Nel 2004-2005 l'amministrazione Bush ha posto una particolare attenzione al sistema satellitare GPS, cercando di individuarne possibili utilità non pacifiche: il risultato è stata la creazione di una sorta di "interruttore" ad accesso rapido, in grado di spegnere l'intera costellazione nel giro di pochi secondi. La misura si è resa necessaria in quanto gli organismi di intelligence riferivano ormai da tempo che la tecnologia GPS era utilizzata anche da gruppi terroristici internazionali per fini logistici e poteva essere determinante anche per supportare attività offensive.

Va infine fatto presente che, sebbene ciò rappresenti un'ipotesi remota, qualsiasi sistema satellitare è soggetto a **malfunzionamenti e danneggiamenti** dovuti a tempeste magnetiche, pioggia di meteoriti, radiazioni cosmiche, attentati nei centri di controllo a terra, guasti di vario tipo, ecc. Nel caso di di simili eventi il sistema GPS verrebbe quasi certamente ripristinato, ma i tempi potrebbero variare da poche ore a tre-quattro anni in funzione della gravità e dell'estensione dei danni.

Anche l'ESA (Ente Spaziale Europeo) lavora da anni al proprio sistema di posizionamento satellitare denominato **Galileo**. Galileo è un consorzio formato da Alenia Spazio, Alcatel, Astrium Germany, Astrium UK e Galileo Systemas y Servicios. I tempi per l'effettiva partenza di Galileo si preannunciano **non brevi** e slittano costantemente: stando al progetto iniziale il sistema doveva divenire operativo a fine 2007, ma la scadenza è poi stata aggiornata ripetutamente fino a collocarsi fra il 2010 e il 2011 (cui vanno aggiunti tempi stimabili nell'ordine di un paio di anni per la messa a punto, il lancio e la distribuzione dei relativi ricevitori e servizi). Nel marzo 2007 il Consiglio dei Trasporti dell'unione europea ha formalmente espresso disappunto e preoccupazione per i ritardi accumulati dal progetto Galileo, al punto da imporre **scadenze temporali precise** al consorzio pena l'adozione di "scelte alternative" non meglio precisate. Preso atto del disappunto della commissione europea, il ministro dei trasporti italiano Alessandro Bianchi ha sintetizzato la situazione di Galileo con toni tutt'altro che politici: "non ne possiamo più!". Controversa è l'annunciata **"interoperabilità"** con l'attuale sistema GPS, che ancora deve essere chiarita nelle modalità tecnico/commerciali visto che Galileo, a differenza del GPS, nasce come sistema di localizzazione satellitare ad accesso **non gratuito**. Galileo prevede una costellazione di 30 satelliti e un'investimento iniziale relativamente contenuto, pari a circa 4 miliardi di euro finanziati al 65% da capitali privati. Proprio la presenza di capitali privati dovrebbe rendere l'accesso a Galileo **non libero** (o forse parzialmente libero con ipotizzabili limitazioni tecniche): a tale proposito i codici "PRN" per l'accesso alla rete Galileo **sono stati criptati**, ma lo scienziato Mark Psiaki della statunitense Cornell University ha annunciato di aver già "craccato" l'algoritmo di criptazione. Le motivazioni dell'attacco sono tutto sommato condivisibili: contrariamente a Galileo, il sistema GPS è completamente gratuito ed è a disposizione dell'intera umanità. Il consorzio Galileo ha invece ribadito che **non renderà pubblici i parametri di accesso** come fece il governo USA nel 1994 e ciò ha irritato la comunità scientifica internazionale per due motivi: innanzitutto un sistema di localizzazione satellitare è ormai universalmente concepito come **un bene di pubblica utilità** il cui scopo primario è orientato **alla sicurezza** di persone e beni. Similmente alla difesa, ai servizi segreti e ad ogni altra entità preposta alla sicurezza su vasta scala, un sistema di localizzazione satellitare va realizzato con denaro pubblico e va messo a disposizione di tutti. Inoltre le leggi mondiali tutelano i diritti di accesso a servizi irradiati nell'etere in presenza di contenuti multimediali o di sistemi di telecomunicazione: GPS e Galileo non offrono alcun contenuto multimediale e non consentono alcuna telecomunicazione; in pratica sono assimilabili **a fari marittimi** e non è ipotizzabile che un marinaio debba pagare per guardare la luce di un faro. Sulla carta **Galileo** dovrebbe essere **più preciso** dell'attuale GPS, ma mancano dati tecnici per quantificare un passo avanti che comunque appare **secondario** (i 15 metri circa di margine di errore dell'attuale GPS sono già considerati più che sufficienti nella stragrande maggioranza delle applicazioni). Per sfruttare una migliore precisione restano i possibili sviluppi nel campo della guida automatizzata a terra di macchinari e veicoli, per controlli in ambito geologico e vulcanologico, ecc.). Attualmente i limiti tecnici e pratici più evidenti del sistema GPS sono **il consumo di corrente relativamente elevato** dei circuiti elettronici preposti alla ricezione satellitare e la ricezione in presenza di ostacoli circostanti. Ad es. all'interno delle abitazioni il segnale GPS non giunge facilmente, ma anche in questo campo i progressi degli ultimi anni sono stati vistosi in particolare con il lancio dei chipset Star III. Per la prima volta nella storia del GPS, grazie a questi sensibili e potenti chip, è stato possibile ridurre i tempi di aggancio alla rete anche in condizioni operative non facili, ma soprattutto è stato possibile ottenere l'aggancio satellitare anche in presenza di significativi ostacoli ambientali. La maggiore facilità e rapidità nell'aggancio satellitare ha consentito parallelamente lo sviluppo di sistemi di **risparmio energetico** improponibili solo pochi anni fa. Certamente non mancheranno ulteriori sostanziali progressi che già si

delineano all'orizzonte: sono attualmente allo studio nuovi minuscoli chipset che comporteranno una ulteriore e sostanziale riduzione dei limiti di cui sopra.

Curiosità sul GPS

- 1) Quelli dell'attuale costellazione sono satelliti **relativamente piccoli** (con i due pannelli solari completamente distesi misurano meno di 7 metri).
- 2) Attualmente ogni satellite GPS integra anche un particolare "occhio" elettronico in grado di rilevare e segnalare un'esplosione nucleare in superficie.
- 3) Esiste un sistema simile al GPS denominato **Glonass** e messo in funzione dalla Russia. Ad una prima analisi **Glonass** sembra strutturalmente e tecnicamente un poco più limitato del GPS, ma per qualche anno ha retto bene il confronto. Dal 1995 anche la Russia consente l'accesso civile gratuito al proprio sistema di localizzazione satellitare, al punto che esistono appositi ricevitori combinati GPS/Glonass in grado di fornire maggiore affidabilità, tempi di aggancio e di rilevazione della posizione più ridotti e maggiore precisione. Miracoli della distensione, si diceva qualche tempo fa. I ricevitori interoperabili e combinati GPS/GLONASS tuttavia sono difficilmente reperibili e i loro costi sono "stellari" (per restare in tema). Va detto comunque **che un ostacolo importante** allo sviluppo civile di Glonass è stato determinato dalla **crisi economica** che ha investito la Russia negli ultimi anni del secolo scorso e dai tempi biblici del completamento della costellazione: i primi satelliti furono lanciati nel 1982. Dopo sette anni 16 satelliti su 24 erano già fuori uso, solo 8 risultavano operativi. Attualmente 9 satelliti su 24 sono operativi e ciò rende Glonass inservibile come sistema di localizzazione autonomo, ma sempre utile se integrato con GPS. Reliquia della guerra fredda lo ha definito qualcuno, ma la Russia sembra comunque intenzionata a ripristinare Glonass entro il 2009. E' ovvio che un'azienda eventualmente interessata a investire tempo e risorse su ricevitori Glonass dovrà prima verificare se il ripristino sarà duraturo e affidabile; ne conseguono tempi incerti e non brevi per un'eventuale diffusione commerciale.
- 4) Anche la Cina, a partire dall'anno 2000, ha messo in orbita un proprio sistema di localizzazione satellitare denominato **Beidou 1**. Beidou 1 opera con principi tecnici **molto diversi** rispetto a GPS, Glonass e Galileo: innanzitutto i satelliti sono appena quattro e sono geostazionari, quindi la copertura **non è globale** bensì limitata a 70-140 gradi est e 5-55 gradi nord. Poi, a differenza di un ricevitore GPS **che non trasmette nulla**, un ricevitore Beidou 1 deve anche trasmettere un potente segnale radio da terra verso i satelliti. Ne conseguono limiti tecnici, pratici ed operativi tali da escludere impieghi civili di massa anche nelle aree coperte dal servizio. Nel 2003 la Cina ha annunciato ulteriori "mosse" che gli analisti internazionali a tutt'oggi faticano a decifrare: da un lato la partecipazione al progetto europeo Galileo con un investimento modesto (circa 230 milioni di euro); dall'altro lato il lancio futuro della costellazione **Beidou 2**, che ricalcherà i principi tecnico/operativi di GPS, Glonass e Galileo grazie a 35 satelliti. Vedremo.
- 5) E' importante segnalare che esistono **forti differenze qualitative** fra marche e modelli diversi di ricevitori GPS. Tali differenze possono manifestarsi a livello di tempi per l'aggancio satellitare, accuratezza della rilevazione ma soprattutto mantenimento dell'aggancio fra ostacoli ambientali.
- 6) Il margine di errore "dell'orologio" di un satellite GPS è inferiore ad un secondo ogni centomila anni e la sua definizione è al milionesimo di secondo. **L'ora trasmessa dai satelliti GPS si riferisce al meridiano di Greenwich** ed è definita G.M.T. (Greenwich Meridian Time).
- 7) La precisione di un ricevitore GPS aumenta in funzione del numero di satelliti ricevuti. Il numero di satelliti ricevibili non implica particolari potenzialità a livello della sezione a radiofrequenza, ma si riferisce principalmente alle capacità di calcolo: ne consegue che, essendo in pratica **non più di una decina** i satelliti che possono essere "visti" in un determinato momento, un buon ricevitore a 16 canali rappresenta l'ottimale.
- 8) **Quali sono i limiti del GPS?** Innanzitutto gli **ostacoli ambientali circostanti**, sia nelle immediate vicinanze che relativamente più distanti. Plastica, gomma, vetro, stoffa, legno ecc. non schermano in maniera importante il flusso delle onde radio GPS, mentre metallo, cemento, roccia e terreno costituiscono un ostacolo insormontabile. Una via di mezzo è rappresentata dalla vegetazione, che solitamente non costituisce un ostacolo rilevante purchè non sia troppo fitta e purchè non sia presente un forte tasso di umidità sul fogliame. Una strada di città stretta e circondata da abitazioni può costituire un ostacolo per il GPS (questa ipotesi è frequente nei centri storici di molte città italiane). Analogamente la ricezione potrebbe risultare difficile in una zona montana dove il punto di ricezione risulti attorniato da elevate pareti rocciose. Un'altra

limitazione è dovuta alle onde radio satellitari riflesse contro gli ostacoli, anche se va detto che l'errore dovuto alla ricezione riflessa di uno o due satelliti viene in buona parte compensato qualora l'aggancio complessivo sia di almeno 6 o 7 unità. Il GPS civile può operare ad una altitudine massima di 18000 metri slm e su mezzi che non superino i 1999Km/h.

- 9) **Cosa significa NMEA?** Lo standard NMEA (National Marine Electronics Association) definisce il protocollo di comunicazione universale per apparecchi destinati alla navigazione marittima. Con questo standard (suddiviso in versioni, es. 0180 0182 0183, ecc.) è possibile far dialogare apparecchiature di diversa natura. E' grazie a questa standardizzazione che, ad esempio, una cartografia GPS per PC può acquisire dati da un ricevitore GPS ("**NMEA data-flow**").
- 10) **Perchè il punto del GPS su mappa si muove anche se il GPS è completamente fermo?** Solitamente sono movimenti virtuali contenuti, mediamente non superiori ad una ventina di metri con vari satelliti ricevibili e circa 25-30 metri nel caso di soli 4 satelliti ricevibili. Ciò nasce **dall'attività di calcolo del ricevitore GPS**, che va vista come qualcosa di molto dinamico e in continuo aggiornamento anche in assenza di un movimento fisico al suolo. La contenuta variazione dei risultati dei calcoli anche a ricevitore fermo è quindi principalmente in funzione del **dinamismo stesso dei satelliti** (che non sono geostazionari) e in funzione del numero di satelliti ricevibili in un determinato momento rispetto ad un momento successivo. In piccola parte possono rientrare anche fenomeni di riflessione dell'onda radio contro ostacoli circostanti il ricevitore.
- 11) **Perchè i tempi di calcolo della posizione dopo l'accensione sono diversi anche con lo stesso ricevitore GPS?** Principalmente dipende dalle condizioni operative all'atto dell'accensione (ostacoli ambientali circostanti e satelliti ricevibili in quel momento e in quel punto). Ricordiamo che un ricevitore GPS deve "vedere" almeno 4 satelliti per calcolare la posizione. Ma altri fattori entrano in gioco: ad esempio molti ricevitori GPS quando vengono spenti **mantengono in memoria l'ultima posizione rilevata** per velocizzare il calcolo alla riaccensione. Se il GPS viene spento e trasportato lontano dalla zona dove ha calcolato la posizione memorizzata, ciò può prolungare la fase di aggiornamento. Questo avviene perchè l'apparato inizia ad elaborare i dati partendo dagli ultimi elementi noti, che scopre poi essere diversi. Altri motivi possono essere connessi al movimento del ricevitore: il calcolo della posizione si prolunga **notevolmente** qualora il GPS venga acceso su un veicolo in movimento, o pochi istanti prima della partenza. Si possono superare i 10 - 15 minuti anche nel caso di apparecchi qualitativamente ottimi. Vi è infine una casistica che, sia pur rara, occorre citare: si tratta della crescente **congestione dell'etere**, ormai saturo di radiotrasmissioni. Una fonte di radiofrequenza **vicina e potente** può in alcuni casi **disturbare** la sezione radioricevente di un GPS sia a livello di saturazione dello spettro radio che a livello di interferenze elettromagnetiche in capo alla componentistica elettronica.
- 12) **E' vero che i GPS verranno sostituiti dalla localizzazione terrestre GSM-UMTS?** E' poco realistico ipotizzare che le soluzioni di localizzazione radiogoniometrica tramite BTS per telefonia mobile possano sostituire il GPS. Il margine di errore della localizzazione terrestre dei telefonini è **molto variabile** in funzione dell'orografia del territorio e della dislocazione delle celle BTS. L'Italia è oltretutto una nazione dall'orografia vivace ed è molto soggetta a vincoli paesaggistici e architettonici: questo spinge gli operatori ad estendere il più possibile l'area di copertura di una singola BTS, che mediamente è più elevata rispetto ad altre nazioni. In condizioni ottimali (es. qualora il telefonino possa "vedere" contemporaneamente varie BTS tutte relativamente vicine) il margine di errore reale è di circa 100-150mt. E' sufficiente però che il telefonino si trovi in una zona periferica, montana, di frontiera, collinare, rurale, costiera ecc. per avere margini di errore che possono raggiungere anche i 2-3 chilometri (alcuni chilometri quadrati!). Visto il margine di errore di 15 metri del GPS (e l'ipotizzato margine di errore di 1-2 metri del futuro Galileo) è facile intuire che la localizzazione terrestre GSM-UMTS non avrà vita facile. TIM ad esempio, dopo l'iniziale clamore suscitato dai nuovi servizi location-based via celle BTS, ha fatto parzialmente "marcia indietro" già a fine 2005 annunciando una partnership con FleetNet (leader mondiale nella localizzazione satellitare **GPS** per flotte aziendali) e relegando la localizzazione terrestre a soli servizi per privati (es. conoscere l'indirizzo di un ristorante vicino, sapere se un'amico si trova nelle vicinanze, ecc.). Per curiosità segnaliamo che anche FleetNet opera quasi esclusivamente via SMS.
- 13) **Perchè vengono accoppiati "GPS e GSM?** Un ricevitore GPS **non trasmette alcunchè**. Ben presto è sorta la necessità di trasmettere le posizioni ad altre periferiche. Sono state affinate essenzialmente **due soluzioni**:

a) **Trasmissione a brevi distanze** (es. ad una cartografia nel PC) via cavo seriale, USB, bluetooth, ecc. comunque entro pochi metri. Grazie al **flusso dati continuo** generato dal protocollo di comunicazione NMEA tale possibilità è semplice e diffusa. Possiamo far rientrare in questa categoria anche la trasmissione di posizioni mediante interfacciamento con trasmettitori radio VHF/UHF dotati di radiomodem: questa soluzione presenta una portata utile di un centinaio di km. con ponte ripetitore e 5–15 km. senza. I dati posizione vengono trasmessi a bassa velocità (600-1200bps) ma comunque in tempo reale e a **costi operativi quasi nulli**.

b) **Trasmissione a distanze elevate**. La trasmissione di posizioni avviene mediante le reti di telefonia mobile, quindi senza particolari vincoli di portata. Le modalità sono essenzialmente cinque:

b1) **Via connessione dati 9600bps**. La rete GSM e le SIM card impiegate devono supportare la trasmissione dati modem-to-modem. Viene trasmesso un **flusso dati continuo** pressochè identico a quello ottenibile con la trasmissione a brevi distanze come al punto a), ma in realtà con portata virtualmente illimitata. Inutilizzabile in mare aperto o in altre zone prive di copertura GSM.

b2) **Via SMS**: molto razionale. I dati vengono trasmessi tramite SMS (i noti "messaggini"). L'SMS viene spedito anche in condizioni di copertura GSM carente e discontinua, risulta più economico di una connessione dati (a patto di non richiedere un aggiornamento ogni 20 secondi!) ed è più efficiente perchè pone il sistema in trasmissione solo per pochi istanti. Il flusso dati non è ovviamente continuo come nei casi visti sopra bensì a "salti" in funzione della frequenza degli SMS. Inutilizzabile in mare aperto o in altre zone prive di copertura GSM.

b3) **Combinati SMS/Dati**: l'utente può scegliere se ricevere le posizioni via SMS o via connessione dati modem-to-modem.

b4) **Via connessione GPRS (internet)**: soluzione che sfrutta le caratteristiche favorevoli di questa tipologia di connessione (principalmente l'economicità) ma presuppone la presenza di software appositi, IP statici e buona copertura di rete GSM. Adatta prevalentemente al controllo di flotte aziendali. Nonostante che tale tecnologia consenta potenzialmente anche il flusso dati continuo, solitamente le posizioni vengono trasmesse in modo simile agli SMS (con aggiornamenti a "salti" o comunque previa apposita interrogazione). Inutilizzabile in mare aperto o in altre zone prive di copertura GSM.

b5) **Via rete telefonica satellitare**: i dati posizione vengono trasmessi non tramite la rete terrestre GSM ma tramite servizi di telefonia mobile satellitare (es. Inmarsat, Iridium, ecc.). Destinato ad utenza aziendale professionale o istituzionale causa alti costi di apparecchiature e collegamenti. **Utilizzabile ovunque**. In uso ad es. per localizzazione in mare aperto o per localizzazione terrestre in aree del terzo mondo. Anche in questo caso vengono quasi sempre utilizzati gli SMS.

14) **Perchè nasce la necessità di sapere dov'è un ricevitore GPS in un determinato momento?** Le ragioni sono varie, dalla gestione logistica aziendale (es. imprese di autotrasporto, corrieri, spedizionieri), fino a necessità investigative o connesse alla sicurezza di persone e beni. Negli USA stanno avendo successo particolari orologi GPS per bimbi in grado di fornire alle mamme l'esatta posizione del pargolo in libera uscita, mentre nella nostra nazione abbiamo registrato richieste di genitori che vogliono attenuare l'ansia dei sabato-sera verificando dove sono i figli e a quale velocità guidano. C'è senz'altro una componente psicologica, perchè un incidente stradale può verificarsi in un istante e il GPS non può far nulla per evitarlo, ma bisogna essere genitori per capire. C'è chi controlla gli spostamenti di animali domestici e non, per rintracciare Fido nel quartiere, nel parco o nelle campagne circostanti ma anche per studiare scientificamente le abitudini di animali allo stato brado. C'è chi monitorizza lo spostamento di pacchi o beni di vario tipo (segnalatore civetta) e c'è chi usa i sistemi di localizzazione per rintracciare parzialmente disabili, minori e anziani affetti da malattie degenerative

della memoria. Varie tipologie di sport, praticabili anche a livello individuale (es. trekking, bicicletta, escursionismo, pesca, ecc.), vedono una presenza sempre più diffusa del localizzatore satellitare per fini di sicurezza personale e rintracciabilità in caso di incidenti. In netto calo sono le richieste connesse all'investigazione istituzionale (che, come sappiamo, fa largo uso di altri strumenti es. le intercettazioni telefoniche) al punto che questo è divenuto un mercato estremamente marginale. Una fetta consistente del mercato è orientata alla piccola investigazione personale svolta direttamente da privati in ambito familiare.

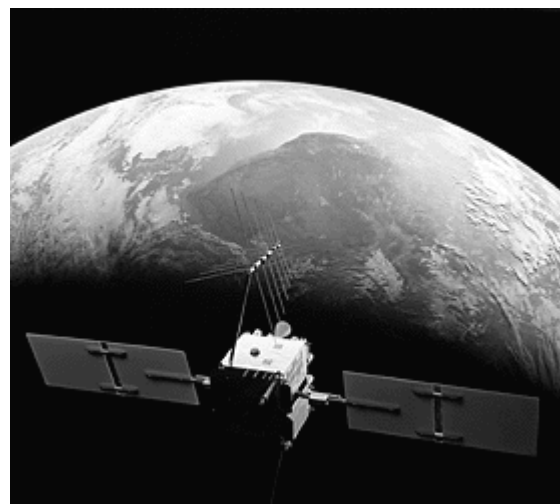
15) **Gli antifurto satellitari GPS/GSM sono efficaci?** Per anni sono stati l'**unica certezza** contro i furti delle auto, in grado di dare filo da torcere anche al ladro più provetto: **ora non lo sono più**. Ormai è di pubblico dominio che qualsiasi antifurto satellitare GPS/GSM può essere bloccato con facilità ricorrendo ad un banale jammer GSM (inibitore di rete cellulare, acquistabile su Internet anche all'estero con poche decine di euro). Non è richiesta alcuna preparazione tecnica, solo la capacità di schiacciare il pulsante di accensione del jammer! In pratica il ladro si avvicina all'auto con il jammer disconnettendo l'antifurto dalla rete GSM, quindi rendendolo totalmente inutile fatta salva la tradizionale sirena. Sono inoltre apparsi sul mercato altri tipi di jammer, meno invasivi e più mirati, in grado di disturbare solamente la sezione GPS mediante emissione di rumore radioelettrico sulla gamma 1,57Ghz. Il florido mercato dell'antifurto satellitare è stato quindi prematuramente messo in ginocchio dall'avvento dei jammer, ma soprattutto dalla diffusione della notizia sulla loro infallibilità nei confronti degli antifurto satellitari. Le compagnie assicurative, in una prima fase le vere promotrici degli antifurto satellitari, pongono ora clausole particolarmente restrittive: in pratica applicano una consistente franchigia qualora, a seguito di un furto, il sistema satellitare sia risultato inattivo. La conferma che i jammer sono ormai noti per i loro effetti viene da una curiosa notizia del 2007: alcuni dipendenti di una grossa azienda accendevano il jammer sui furgoni aziendali semplicemente per confondere eventuali controlli sulla produttività e dedicarsi ai fatti loro durante l'orario di lavoro.

Vedere un punto che si muove su una mappa e che corrisponde alla posizione attuale di un veicolo distante 100 o 1000 km. da noi **comporta sinergie tecnologiche non certo basilari**: basti citare l'informatica, le reti globali di telecomunicazione GSM e la rete satellitare GPS. Ciò può essere utile ma anche sorprendente e spettacolare, tuttavia **va sfruttato dopo aver dedicato un po' di tempo alla conoscenza questi strumenti**, alle inevitabili limitazioni, ai principi fondamentali della tecnologia GPS e alle modalità di impiego. Negli USA, nazione tradizionalmente entusiasta delle tecnologie connesse al GPS, sono sorti veri e propri corsi online per l'utilizzo dei ricevitori GPS. In Italia la situazione è carente come al solito, stante la scarsa cultura sulla sicurezza tipica dei paesi latini e la modesta alfabetizzazione tecnologica. In altri paesi occidentali il GPS è ormai un accessorio immancabile per chiunque si sposti abitualmente, "must" tecnologico del nuovo millennio dopo il boom del telefonino.

AUTORE DEL TESTO "COS'E' IL GPS?" GIACOMO SLESIO, TITOLARE ELECTRONET MICROELETTRONICA MODENA ITALY.



Costellazione GPS.



Il reale aspetto di un satellite GPS del blocco 2A(s).

COS'E' IL GPS



Mambo e Twig Locator, due localizzatori GPS/GSM hi-tech di fine 2006 dalle dimensioni di poco superiori ad un portachiavi e dal contenuto tecnologico sorprendente.



"Fido" hi-tech? Con il GPS ovviamente, meglio del guinzaglio!



GPS per la sicurezza personale.



Orologio GPS "dove sei" per bimbi, gadget USA.



34°N 108°W Deserto dell'Arizona



25°S 15°E Deserto della Namibia



85°S 165°W Antartide, a sud della base di Mc Murdo.

IL GPS FUNZIONA OVUNQUE, ANCHE NEGLI ANGOLI PIU' REMOTI DELLA TERRA



Incredibili progressi della tecnologia

Foto sopra a DX: 80°N 28°E anno 1928.

L'idrovolante S55 pilotato da Umberto Maddalena sorvola per la prima volta i superstiti del dirigibile Italia. Le disperate ricerche sono durate **48 giorni** e sono costate la vita di sette persone, fra cui il leggendario esploratore norvegese Amudsen partito alla ricerca dell'amico Umberto Nobile. A quei tempi gli idrovolanti erano pilotati "vento in faccia" e viaggiavano a velocità minime con autonomie di volo di qualche decina di chilometri. Dopo un primo drammatico schianto il dirigibile Italia riprende quota, praticamente "rimbalza" sul pack polare e prosegue il volo senza controllo per un numero mai definito di chilometri. I superstiti del primo impatto, letteralmente sbalzati sul pack dalla violenza dell'urto, riferiscono di aver visto il dirigibile sparire fra le nebbie artiche senza fiamme o danni di estrema evidenza. L'enorme struttura volante si allontana ancora intatta con sei membri dell'equipaggio a bordo; alcuni di loro, secondo varie ipotesi e ricostruzioni, potrebbero essere sopravvissuti sia al primo che al secondo impatto con il pack polare ma non se ne saprà mai più nulla. Fortunatamente la stagione è abbastanza clemente, le temperature sono di poco sotto lo zero nonostante la latitudine di 80 gradi nord; fra i resti del primo schianto i sopravvissuti recuperano una radio trasmittente in onde lunghe e, con un'antenna di fortuna, iniziano a trasmettere messaggi di aiuto in codice morse. Dopo una serie interminabile di tentativi le richieste vengono captate da un radioamatore russo sintonizzato su quelle frequenze con modalità che oggi fanno sorridere: l'antenna della radio era il filo di un aquilone tenuto in volo da un bambino. Nonostante ciò le frenetiche ricerche si protraggono per ulteriori 20 giorni perchè i superstiti non hanno alcuna possibilità di far conoscere la loro esatta posizione. Due sopravvissuti decidono di tentare l'avvicinamento alla terraferma, che a tratti sembra relativamente vicina, ma muoiono di stenti durante l'inutile cammino: a quei tempi nessuno sapeva che il pack polare è una immensa "zattera" in costante spostamento (appurato parecchi anni dopo grazie alle osservazioni dallo spazio).

Foto sopra a SX: 82°S 95°E anno 1998.

Settant'anni dopo il dirigibile Italia, nemmeno la durata media della vita di un uomo ma **millenni** sul fronte del progresso tecnologico: elicottero militare SH2 SeaSprite in avvicinamento alla nave rompighiaccio Polestar, incastrata nei ghiacci a 45 gradi sottozero. L'elicottero è probabilmente una delle più affascinanti macchine mai costruite dall'uomo, costante sfida alle leggi della fisica. SH2 SeaSprite può volare per 1000Km. a pochi metri dall'acqua a velocità prossime ai 300Km/h con 11 persone a bordo e una tonnellata di carico. Grazie ai telefoni satellitari e grazie al GPS i soccorsi sono stati questione di **qualche ora**, ma soprattutto sono stati estremamente **mirati ed efficaci**. Ovvimente non si sono registrate perdite di vite umane.

COS'E' IL GPS



Ci auguriamo che questo viaggio nella straordinaria tecnologia GPS sia stato di Vostro gradimento. Il testo può essere liberamente stampato e diffuso unicamente per scopi informativi e divulgativi. E' vietato ogni utilizzo o pubblicazione anche parziale del presente testo per scopi promozionali o commerciali, o comunque nell'ambito di attività di qualsiasi tipo aventi prevalente o esclusivo fine di lucro. Copyright Electronet Modena Apr. 2004. Tutti i diritti riservati. All rights reserved.