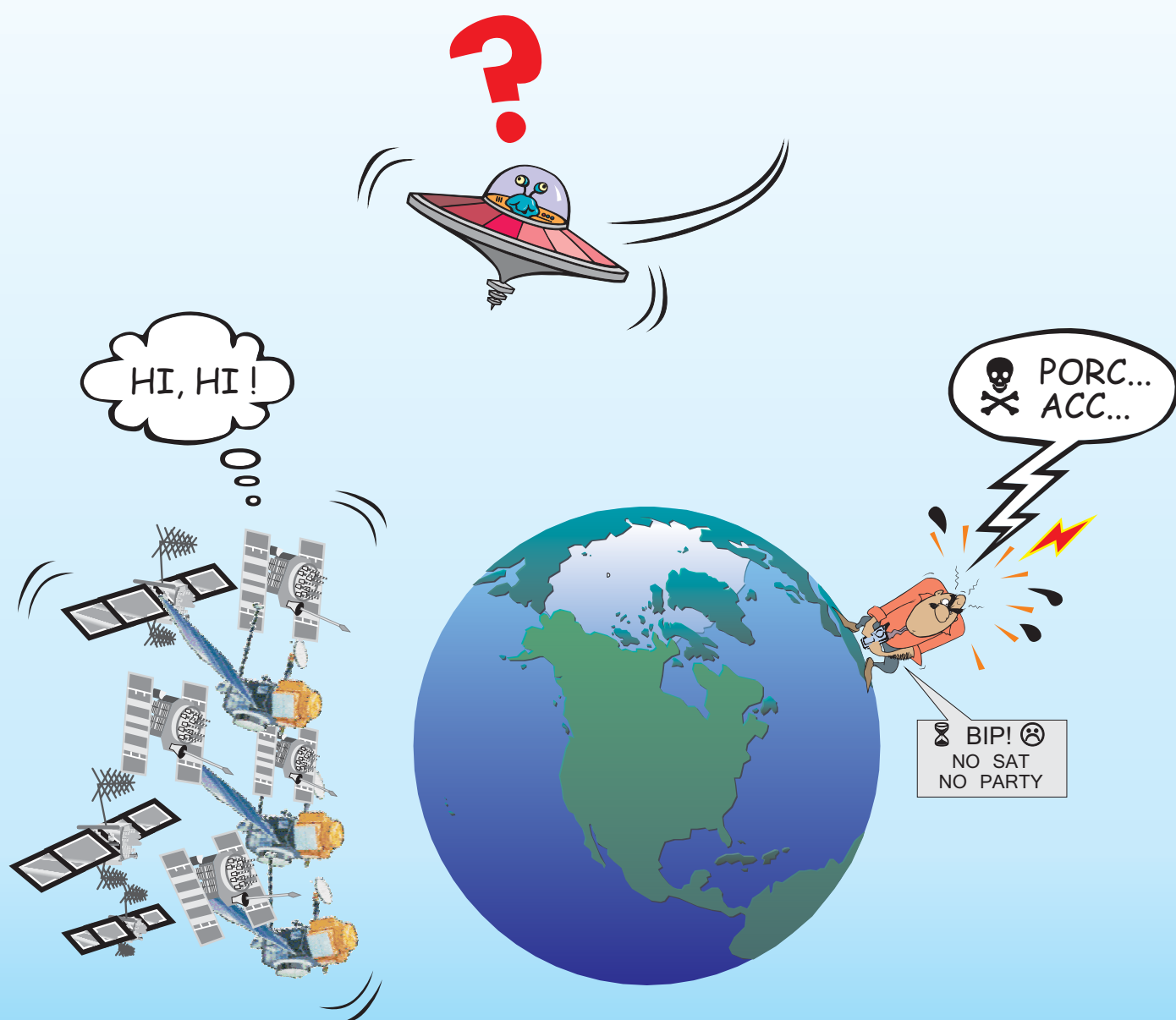


GPS

fatti, misfatti, miti e leggende





Preambolo

Le informazioni che possono raccogliersi sul GPS sono le più disparate, spesso solo pompose propagande, ma fortunatamente ci sono – adesso! Non è molto che tutto era classificato al più alto livello – notevoli tomi tecnici che ne sviscerano quasi ogni aspetto di funzionamento. Bisogna però andarseli a cercare e serve anche un po' di buona volontà per digerirsi. Ma c'è anche tanta informazione, sui grandi media, colposamente o dolosamente scorretta, distorta o incompleta. Capita sempre, quando una soluzione hi-tech esce dalla nicchia (dove normalmente l'utente è smalizzato, quindi chi la mena fa poca strada) e cerca nuovi profitti nel consumo di massa dove spesso si soggiace alla moda – bisogno fittizio creato ad arte - anziché al razioicinio.

Questo scritto vuole essere solo una conversazione un po' fuori dalle righe (quelle delle brochure e dei volantini delle offerte) e non ha altra mira se non tentare di chiarire alcune cose a beneficio di chi non si era mai posto certe prospettive e incuriosire ovvero invitare ad ulteriori approfondimenti chi ne trova un motivo di passione o anche più. Non verranno trattati in profondità argomenti triti e ritriti, né spiegazioni approfondite sul funzionamento (esistono splendidi testi gratuiti in rete) ma si cercherà di gironzolare attorno a questioni e aspetti di carattere eminentemente pratico in contesto ricreativo, ambiti spesso un po' troppo negletti.

Introduzione

Nell'ultimo ventennio, quattro cose, ritengo, hanno profondamente e massicciamente inciso sulla nostra giornata, sul nostro modo di agire, operare, lavorare e ricreare, o almeno ciò accade in quella parte, il “mondo occidentale”, che può portare a livello di massa molti prodotti tecnologicamente avanzati. In un modo o nell'altro, tutte e quattro hanno radici un po' più antiche, ma la loro diffusione di massa – grazie ad accessibilità, costi e politiche di mercato - erompe a partire dagli anni 90 (del secolo scorso, sigh!).

- IBM PC,
- Internet (nella veste web e inclusi tutti i servizi TCP/IP),
- telefonia cellulare,
- GPS.

Immagino che sui primi tre ci sia poco da argomentare, no? Sul quarto concorrente, invece, è possibile che la maggior parte di noi lo consideri poco più di un gadget di moda, che fa tanta scena sul cruscotto, che ci suggerisce quel percorso stradale che ormai facciamo da anni anche a occhi chiusi e che l'utilità maggiormente percepita sia quella di allertarci in prossimità degli autovelox (che tristezza...).

Pur rimanendo a livello stradale, pensate però cosa significhi, per viaggiatori, spedizionieri, forze dell'ordine o servizi di emergenza, poter disporre di aggeggi che ti guidano fino al numero civico desiderato. O sul punto desiderato, laddove non abbia senso parlare in termini urbani perché l'ambientazione è totalmente rurale, o montana, o peggio.

Comunque, finché siamo coi piedi in terraferma, a meno che non ci si sia persi in qualche deserto durante un Camel Trophy e non vi sia imminenza di pericolo, non sempre si riesce a coglierne il valore aggiunto. Differente il caso quando ci si avventura al di fuori del naturale habitat terragnolo e si vaga per cieli e mari. Non a caso, ben prima che la spinta commerciale lo portasse fino quasi dentro il fustino di detersivo, il ricevitore GPS (o GPSR, GPS Receiver) era assai diffuso sui vascelli di mare e dell'aria, per il semplice fatto che da quelle parti il poter adeguatamente rispondere a domande del tipo “dove mi trovo?”, “dove sto andando?”, “in che direzione devo andare?” è un po' meno banale e magari il gioco – se la risposta non è immediata e corretta – presenta pure sfaccettature poco piacevoli.

Data una certa svolta storica, casuale, dolosa o aneddotica che sia, fermiamoci un attimo sul capitolo aereo. Finché si sorvolano aree ampiamente civilizzate, come il continente europeo, si può anche contare su onerose stazioni di terra (radiofari VOR) che procurano opportuni supporti – detti nel loro complesso radio-aiuti alla navigazione – in modo da supplire alla scarsità di altri riferimenti affidabili o alle non trascurabili derive degli strumenti di navigazione inerziale dell'aeromobile. Ma in rotte transoceaniche (o transpolari, o trans-siberiane ecc.), la rarefazione di radiofari fa sì che le incertezze di posizione, peraltro sempre assai maggiori che con l'ausilio satellitare, diventino tali da dover prevedere corridoi larghi chilometri (in larghezza e quota) per assicurare adeguati margini di sicurezza. Con l'uso del GPS, in confronto, è come andare in autostrada. Con il GPS, forse (avverbio d'obbligo, dato che c'entra la demenza umana, non la fatalità di natura) la supposta tragedia del KAL 007 si sarebbe evitata.

Grazie (!) ai missili balistici

Il concetto stesso di posizionamento con ausilio di satelliti nasce per molto poco onorevoli scopi di supremazia negli armamenti in piena guerra fredda. L'impulso deriva dalla politica strategica USA, che prevede il dislocamento della maggior parte dei vettori nucleari intercontinentali su sottomarini lanciamissili (SSBN, soprannominati boomers, giganti simili al mito hollywoodiano Ottobre Rosso, che però era un Typhoon sovietico, mentre gli USA avevano gli Ohio), i quali, a differenza dei silos terrestri, possono sfuggire alla localizzazione avversaria e quindi non possono essere annientati con un attacco a sorpresa. Per contro, per poter rapidamente lanciare i propri missili (SLBM) appena a fior d'acqua, l'SSBN doveva poter rapidamente fare il punto nave in modo da programmare adeguatamente il vettore nella sua traiettoria balistica (e quindi non guidata). Al tempo, però, l'unico supporto di navigazione elettronica era offerto dai sistemi tipo LORAN o dintorni, basati su radiostazioni terrestri (i *beacon*, pochi, costosi, non certo disponibili in pieno Pacifico e con accuratezza risultante simile a quella resa dal punto nave mediante cronometro e sestante). Inoltre, si ricercava un sistema "chiuso", ovvero non disponibile all'avversario, e interforze, ovvero che servisse non solo alla US Navy (marina) ma anche all'USAF (aviazione), al US Army (esercito) e via tutti gli altri corpi militari, tipo Marine, Guardia Costiera ecc. Occorreva quindi spostarsi in orbita, unico modo per cogliere tutti e tutto il teatro globale.

Progenitori operativi dell'attuale sistema sono stati iniziative tipo NAVSAT/TRANSIT e simili, nei primi anni '90, caratterizzati da prestazioni (disponibilità e accuratezza) oggi ridicole. A seguito di una revisione delle specifiche, a fine di tal decennio inizia la storia del nostro GPS, al secolo NAVSTAR Global Positioning System, con il lancio dei primi satelliti del cosiddetto Block I.

In termini di obiettivi operativi e relativi budget si ha poi un continuo tira-e-molla, comprese le ripercussioni del disastro dello shuttle OV-99 Challenger (1986). Nel frattempo, qualcosa aveva profondamente scosso l'opinione pubblica mondiale: nel 1983, un echelon sovietico aveva ordinato al pilota di un Sukhoi Su-15 di abbattere un B747, volo Korean Air Lines 007 con 269 persone a bordo, che aveva "proditoriamente sconfinato per spionaggio".

La vicenda è ancora molto dibattuta e incerta (vedi Wikipedia) ma, orchestrata o meno, al tempo ebbe profonda ripercussione politica ed emotiva. Dato che si addebitò l'origine della supposta tragedia ad un fuori rotta di circa 500 km dovuto alle derive della navigazione inerziale, il PotUS Reagan (non leggete Clancy, eh? Significa *President of the United States*), vuoi anche per l'incalzare dell'industria USA che voleva trarre maggiori profitti dagli investimenti nel costosissimo progetto NAVSTAR/GPS, promise il rilascio del servizio GPS anche per usi civili, pur con l'introduzione di un disturbo che ne limitasse l'accuratezza a un centinaio di metri (SA, *Selective Availability*, disponibilità selettiva). Buon investimento

pure militare, dato che nel 1990 i GPSR militari (allora pressoché formato zaino) erano scarsissimi e le truppe di Desert Storm usarono perlopiù apparati civili per tutta la durata delle operazioni. Non a caso, in quel periodo fu pure sospesa la SA.

Dopodiché il sistema è ormai maturo: nel 1994 si completa la costellazione Block II e l'anno successivo si annuncia la *Full Operational Capability*. Dulcis in fundo, nel 2000, a seguito di una sentenza della Corte Suprema, PotUS Clinton disattiva la SA. La gipiessemania esplode, il business fa scintille. Satelliti, i fari del cielo, ah!

Poche opere umane, originariamente concepite e realizzate per scopi 'sì abietti, hanno in seguito permesso di salvare o risparmiare tante vite.

Ganzo, a che serve?

La missione primaria del GPS è rendere disponibile al *user segment* (la parte utente, distinta dallo *space segment* – la costellazione di satelliti – e dal *control segment*, un insieme di stazioni di terra che governano e monitorano stato dei satelliti e provvedono alla sincronizzazione degli orologi) una informazione continua e accurata di *Position, Velocity & Time* (PVT), dove evidentemente la velocità è la capacità di misurare l'evoluzione (spostamento nelle tre dimensioni) della posizione nel tempo. Quindi, contrariamente a quello che spesso propinano, lo scatolino volgarmente chiamato ricevitore GPS (cosa che appunto è, o qualcuno pensava che anche trasmettesse al satellite?) ma che ora ritengono più trendy appellarlo PND, *Personal Navigation Device*, non serve a guardarsi gli mpeg4 anche se usarlo a tal fine è sicuramente più agevole e meno impegnativo, benché ne snaturi l'essenza.

In un modo più eloquente, si dice che le principali applicazioni, incluso l'interrogativo specifico che le rappresenta, sono riassunte in:

- **localizzazione** (*location, position*): "dove sono?"
- **navigazione** (*navigation*): "dove sto andando?", oppure "in che direzione devo andare?"
- **tracciatura** (*tracking*): "che percorso sto seguendo?"
- **mappatura** (*mapping*): "dove è tutto il resto?"
- **riferimento temporale** (*timing*): "che ore sono?" oppure "tra quanto tempo accadrà?".

Toh, non c'è la riproduzione di mp3 e neanche la visualizzazione di jpeg/mpeg... Ma già, la chiamano convergenza. Tocca viaggiare col gruppo elettrogeno appresso, altro ché!

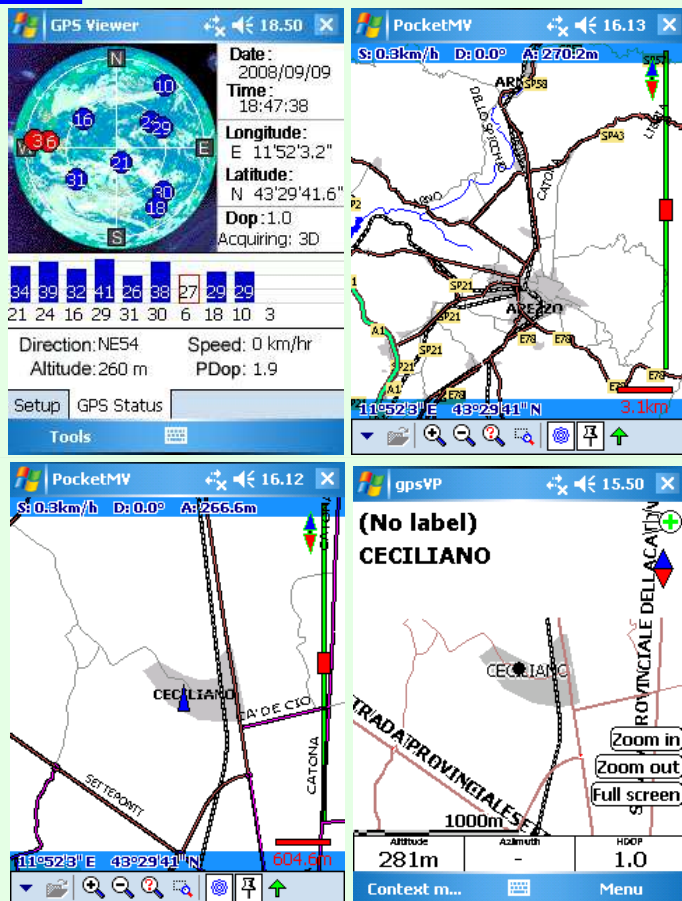
Sarà presa l'occasione di questa lista per proseguire attraverso sproloqui su ciascuna applicazione alla volta. Questo frazionamento è un utile artificio per il sottoscritto, ma è ovvio che vi sono intime e indissolubili sinergie trasversali e che la semplice somma delle parti da' meno del tutto.

Però prima (non posso farne a meno, scusate!) almeno un minimo di introduzione sui principi di funzionamento, così tanto per collimare lessico e concetti di cui ci gioveremo in seguito.

Nel frattempo, una domanda avrebbe già dovuto sfrizzarvi il velopendolo: com'è che mi fanno pagare

1

Palmari, cartografie e DOP



L'uso di un computer palmare (es. Pocket PC) e un'antenna GPS bluetooth (oggi disponibili a qualche decina di euro) offre una interessante ed economica possibilità di scoprire, esplorare e approfondire le caratteristiche base e le possibilità del GPS. Non si avrà un sistema adatto per ambienti ostili, le funzioni e l'accuratezza non saranno quelle di un signor GPSR e l'autonomia lascerà a desiderare (a meno di non usarlo in versione veicolare e alimentato esternamente), ma al parco Pertini va benissimo (casamai vi perdeste ...).

Hardware a parte, sono disponibili molti s/w dedicati allo scopo, diversi freeware, altrettanti shareware e comunque dal costo accessibile.

Nel primo screenshot è riportata quella che è l'informazione fondamentale dello stato di sistema e di conseguenza dell'attendibilità delle informazioni rese, per quanto tale aspetto sia allegramente ignorato da molti prodotti consumer di moda. Nel caso in contesto, si ha una situazione assai felice, con ben dieci satelliti (detti PRN, vedi testo) in vista teorica (quella dettata dall'almanacco) e ben disposti sulla volta celeste. Un fabbricato a ovest occlude parzialmente il PRN-03 e il PRN-06, col risultato che il primo ancora proprio non viene ricevuto (barra nulla) mentre il secondo è stato agganciato nella portante C/A ma non ancora utilizzato nei suoi contenuti informativi (barra vuota). Il numero dentro la barra descrive l'intensità del segnale ricevuto. Da notare come la favorevole situazione renda un ottimistico HDOP unitario, cosa che si rifletterebbe in un errore stimato di natura puramente geometrica teoricamente nullo. Ma è solo un sogno.

Gli algoritmi di calcolo utilizzati in questi s/w o nelle "antennine" bluetooth sono comunque molto meno sofisticati di quelli (rigorosamente riservati) implementati in ricevitori di classe, magari multifrequenza e operanti sulla fase delle portanti, e i risultati vanno quindi utilizzati per quello che sono. E comunque non sono poco. Vedasi ad esempio la quota indicata per la magione del sottoscritto, proposta tra 260 e 281m negli screenshot di sopra, non malaccio considerando che il dato ufficiale è 266 m. Ricordatevi che il GPS affanna molto nella quota.

Per quanto riguarda la cartografia elettronica (attributo non sempre strettamente necessario ma fa tanta scena e poi oggi è molto più accessibile), l'uso di un computer palmare permette di digerire diversi formati liberamente scaricabili da Internet oppure addirittura farsi le mappe da soli. La cosa è raramente vera con ricevitori dedicati. È però bene tenere presente che le cartografie autarchiche, salvo un certosino lavoro da schiere di cinesi, saranno prive di routing stradale.

carissime certe menate telefoniche/televisive e invece il servizio reso dal GPS è gratuito? Avete già gli elementi della riposta, comunque: GPS era nato per esclusivo uso militare, non avevano previsto gli alloggi CAM per le schede prepagate *pay-per-use* sui satelliti (...) e la solita Corta Suprema USA aveva decretato che il contribuente americano aveva già pagato di tasca sua mediante le tasse.

Pertanto noi ne godiamo di riflesso. Ma non temete: con Galileo e GPS II verrà posto rimedio a tale imperdonabile stortura di mercato.

SV, PRN, C/A, P(Y), HD-Ready (trovate l'intruso)

Parto dal presupposto che chi legge questo capitolo abbia idee un po' vaghe su come funzioni l'arcano, per cui rimarrò assolutamente qualitativo e terra-terra anche perché se si vuole decollare allora esistono dei magnifici documenti in rete che – a differenza del presente – sono fatti da chi il GPS l'ha costruito o lo gestisce o ci lavora pesantemente.

Inoltre, ahimé, per farsi una minima ragione razionale, anche solo nozionistica, dei meccanismi e dei fenomeni fisici coinvolti occorre un livello di istruzione superiore, che va dalla fisica generale alle comunicazioni elettriche, dalla statistica alla radiotecnica. Ad ogni modo, i termini, specialmente in inglese, voleranno quindi fatevene una ragione. Tanto mica dite *borsa d'aria* ...

A chi obietta che *non je frega gnente der funzionamento*, "è come la compressione mp3: la sfrutto, la godo e stop", basta replicare che ascoltare musica è una cosa assai passiva mentre interagire con un ricevitore GPS, interpretarne l'output e usarlo al meglio è tutt'altro affare. Quindi mosca!

Allora, chi vuol liquidare in poche parole i principi del funzionamento di un sistema di localizzazione satellitare, di cui il nostro GPS è l'archetipo per definizione, narra che si sfruttano le proprietà della triangolazione, come si farebbe con bussola, carta e un po' di trigonometria, e la velocità della luce. Un po' come si faceva con il LORAN o altri sistemi basati su

radiofari, di cui però (ah-aaah!) si conosce esattamente l'ubicazione.

Leggermente semplicistico, quindi, dato che il nostro gingillo, in prima istanza, mica sa dove sono i satelliti e poi questi si muovono che è una bellezza (due orbite terrestri ogni 24h) e non sono proprio dietro l'angolo (20mila km di altezza). E c'è di più: se si deve calcolare la distanza satellite-ricevitore mediante il ritardo con cui arriva il segnale da esso trasmesso (che è un'onda elettromagnetica), ipotizzando illecitamente che viaggi costantemente alla velocità della luce e in linea retta, come si fa a sapere quando era partito? Se non lo so, dite voi come si fa a stabilire quanto ci ha messo! Ci si morde la coda, ci si! Ed è inutile, come vedremo tra breve, scambiarsi l'informazione "ora di partenza", dato che gli orologi interpellati ben si guardano dall'essere tra loro sincronizzati.

Si consideri inoltre che la comunicazione satelliti-ricevitore è solo in questo verso (*downlink*) e non anche viceversa (nisba *uplink*!), lo fa solo il DoD, meglio conosciuto come Pentagono), quindi non è che "si può dialogare e mettersi d'accordo" e ciononostante occorre assolutamente distinguere il segnale di ciascun satellite (SV, *Space Vehicle*) da quello degli altri 23 colleghi orbitali. Ciliegine finali: si vuole il punto in 3D e non già solo in 2D come con i radio-aiuti terrestri; aggiornamento e ricalcolo del punto-posizione dev'essere veloce in modo da poter conoscere anche la velocità di spostamento in quasi-tempo-reale; il ricevitore dev'essere trasportabile e non costare quanto un Hammer; il sistema - che rimane di natura militare - deve possedere adeguate doti di robustezza rispetto attività di guerra elettronica (ECM) e sbarrabile a terzi in caso di necessità e giù tutta una nutrita serie di requisiti funzionali e parabellum.

Orbene, tutte queste problematiche sono state risolte o perlomeno aggirate con soluzioni tecniche ed espedienti talmente brillanti ed innovativi che anche oggi fanno andare in solluchero gli appassionati di comunicazioni elettriche.

Detta in parole povere-anzi-miserrime (come un riassunto di due pagine del Signore degli Anelli), barando qua e là per evitare argomenti scabrosi e pure esposte in forma pseudo-enciclopedica di punti chiave, le cose stanno ALL'INCIRCA così:

① **incognite spaziali** – matematicamente, definire la posizione spaziale del ricevitore significa risolvere tre equazioni in tre incognite dette coordinate (x, y, z, oppure, una volta definito una griglia topografica, latitudine, longitudine, quota), il che si materializza nella necessità di triangolare (meglio: trilaterare, dato che si misurano i lati non gli angoli) con almeno tre SV;

② **incognita tempo** – per valutare ogni singola distanza ricevitore-SV (*pseudorange*, v.) occorre avere una comune e affidabile base tempi sincronizzata; l'SV ha a bordo un orologio atomico (più di uno, ma non sottolineiamo) ma non è evidentemente garbato imporre al ricevitore di averne uno anche lui... allora il segnale trasmesso conterrà una sorta di codice di sincronizzazione che farà sì

che l'orologio del ricevitore (magari buono e stabile ma non certo al cesio!) entri in simbiosi con quello della costellazione di SV, collettivamente sincronizzata dalle stazioni di controllo di terra; purtroppo la differenza di sincronia temporale introduce nel gioco una ulteriore incognita e di conseguenza 3 SV non basteranno più per un completo fix;

③ **pseudorange** – il calcolo della probabile locazione dell'utente si basa pertanto sulla valutazione della distanza tra ricevitore e satelliti, nota che è la posizione di questi; la distanza dai satelliti viene stimata misurando in qualche modo il tempo che ci mette ad arrivare il loro segnale; dato appunto che la valutazione di tale distanza avviene indirettamente e con certi insormontabili afflizioni e conseguenti dubbi sul risultato, è stata battezzata *pseudorange* (altrimenti sarebbe banalmente stata un *range*); se la posizione dei satelliti viene conosciuta mediante le effemeridi (v.), allora la relazione simbolica che sta alle fondamenta dell'intero marchingegno è

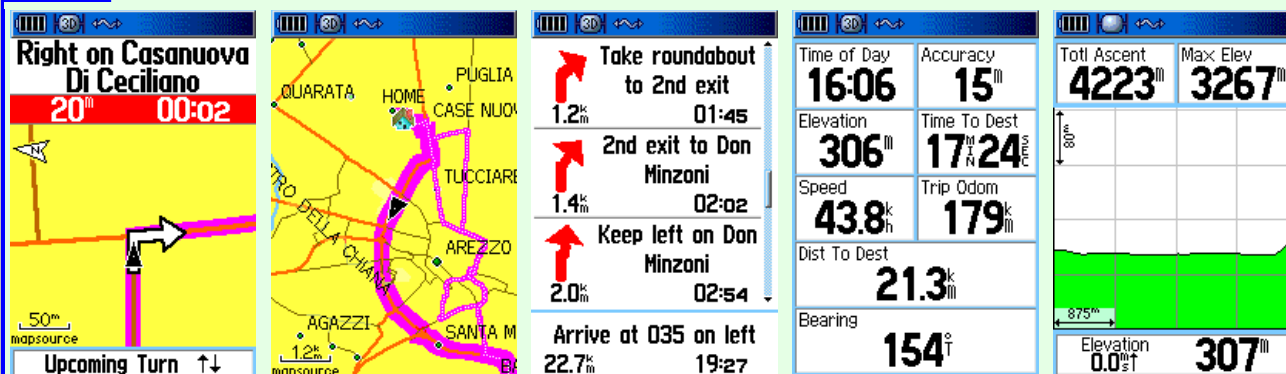
$$\begin{array}{l} \text{pseudorange } (\Delta t) + \\ \text{posiz. satelliti (effemeridi)} = \\ \hline \text{posiz. utente (lat/long/h)} \end{array}$$

④ **frequenze** – gli SV irradiano il loro messaggio su due frequenze portanti, L1 (circa 1.5 GHz) e L2 (circa 1.2 GHz); tali valori sono stati scelti come miglior compromesso tra diverse esigenze, non ultime l'avere le minime traversie nell'attraversare ionosfera e troposfera (ivi compresi fenomeni meteo); la L1, detta anche C/A per il segnale che porta, è quella che interessa i miseri mortali come noi e il suo servizio viene chiamato SPS, *Standard Positioning System*; la L2, analogamente detta P(Y), porta un segnale – il *P-code* – che migliora l'accuratezza e l'attendibilità del rilevamento ottenuto con la C/A; viene usata da militari e professionisti per rilevazioni topografiche (almeno finché il DoD, per motivi misantropi, non la rende inservibile ai più via una apposita criptazione detta *anti-spoofing*, trasformandola in *Y-code*, decodificabile solo da apparati militari) e il suo servizio si chiama PPS, *Precision Positioning System* e che, date le premesse, non tratterò ulteriormente; entrambe le portanti, comunque, portano anche un'altra informazione fondamentale, il *Navigation Message*, o *D-code*;

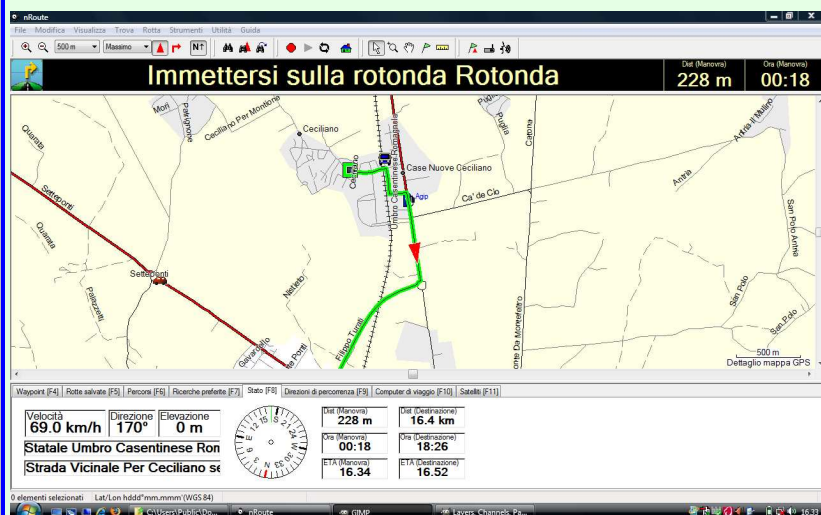
⑤ **C/A code (PRN)** – si è testé detto che la portante L1 è modulata da diversi segnali digitali, tra cui essenziale per tutto l'ambaradan è il *Coarse/Acquisition code*, costituito da un segnale derivato da funzioni talmente complesse che a prima vista sembra un rumore casuale, da cui il nome *Pseudo Random Noise* (PRN); è la chiave di volta del meccanismo; l'aggancio e la decodifica vengono realizzate con complicatissime tecniche di correlazione; non a caso, non sono in molti a dominare algoritmi ed elettronica dei ricevitori GPS e diversi prodotti commerciali si basano sugli stessi chipset o addirittura sono solo un mero re-branding;

2

Per divertirsi ma non solo



Praticamente irreperibile negli usuali santuari di tecnologia consumer, esiste una nicchia di ricevitori, generalmente definiti come outdoor, che sono un po' tutt'altro che alla scenografia privilegiano versatilità, mobilità, robustezza, configurabilità, autonomia e ampiezza di campo operativo. Definirli "navigatori" – cosa che tra l'altro riescono pure a fare, dato che usano la stessa cartografia pur con display più limitati e senza vocine suadenti bensì sonori bip – è come usare un PC solo per giocare al Solitaire. Al contrario, molti PND modaioi si trovano un po' a mal partito al di fuori di un cruscotto di berlina. Quando un ricevitore ha molta influenza sui possibili futuri grattacapi, come in caso di lunghe escursioni nello Yosemite o in Alaska, non gli si chiede poi di riprodurre gli MP3 piuttosto affidabilità e un serio supporto a lungo termine da parte del fornitore. Per contro, non essendo prodotti di massa, sono cari anche se addirittura venduti senza cartografia dettagliata (hanno solo un *basemap* mondiale o continentale), cosa che per diversi usi non è necessaria oppure è reperibile da terze parti, compresa la possibilità di farsele da sé. Esempi di carte commerciali particolari sono le carte nautiche (bluechart nel Garmin) e le carte topografiche montane, con sentieri, ferrate, rifugi, POI specifici...



Uno dei requisiti di tale classe di dispositivi è la possibilità di "fare sistema", ovvero di poter entrare in simbiosi con h/w esterno (antenne, sonar/scandagli, ricevitori DGPS – che non interessano l'Europa, moduli GPRS/UMTS per scambio dati, PC e pertanto essere in grado di garantire interfacciamenti con ampi supporti di protocolli fisici e dati. Ad esempio, in collegamento con un PC e mediante un s/w specifico della casa, tutto l'impegno dettato da cartografia, routing e interfaccia utente (stavolta anche con la tanto bramata sexy-voce) passa dal GPSR al PC stesso. Hai voglia quindi di potenza di calcolo, memoria di massa per supporti cartografici e registrazioni real-time di qualunque tipo, connettività e pollici di display! Importanti sono inoltre le possibilità di pre- e post-processo di dati mediante PC (percorsi, tracce e POI di interesse personale).

Un altro requisito fondamentale, considerato il frequente utilizzo semipro (o addirittura professionale, come risulta ad esempio dal US National Park Service) unitamente a carte geografiche, topografiche e via dicendo, è la possibilità di poter lavorare all'interno di opportune disponibilità di scelta di datum e griglia. Alcune vecchie carte nazionali, ad esempio, usano il Roma 1940 con reticolo chilometrico alla Gauss-Boaga. Poi troviamo l'ED50 e finalmente l'IGM ha poi iniziato una completa conversione al WGS84. Ma tutt'ora, ad esempio, certe carte 1:25000 nuove di libreria relative a incantevoli zone locali (Pratomagno, Casentino...) hanno riferimento sul fuso di Monte Mario ... e neanche lo dicono. Ovvio che se carta e GPS non parlano la stessa lingua si prendono delle cantonate.

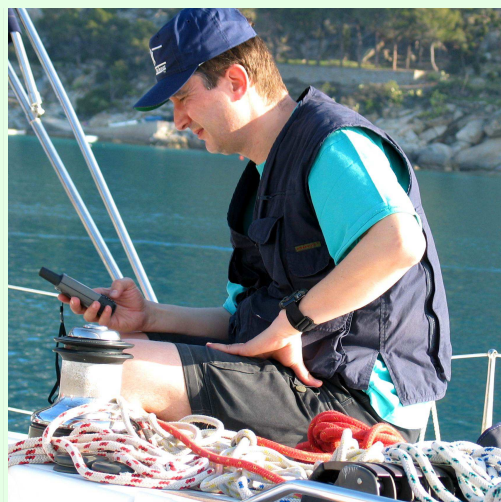


© **satelliti** – la costellazione di satelliti, costituente lo *space segment*, è costituita da 24 SV attivi più qualche altro di servizio/riserva; sono posizionati su apposite orbite in modo da garantire una copertura di almeno 4 SV ogni zona terrena per almeno il 98% del tempo; ogni SV è contraddistinto da un proprio

inconfondibile PRN, di conseguenza vengono identificati attraverso una numerazione convenzionale di tale segnale; la costellazione GPS va da PRN-01 a PRN-33, che sono poi i numeri che troviamo nella schermata "stato/satelliti" del ricevitore; a proposito, meglio chiarire subito che gli SV vanno "visti" in senso

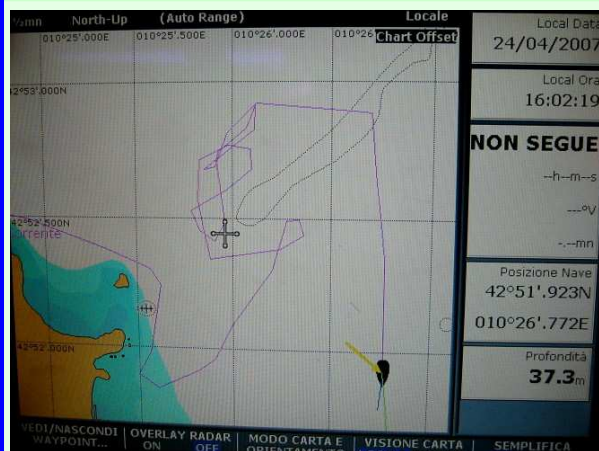
3

Per mari



In mare aperto, un adeguato GPSR trova l'apoteosi della sua esistenza e la sua utilità va ben oltre la costante consapevolezza di PVT (*Position, Velocity, Time*). Come navigatore, stabilisce una destinazione ed un eventuale percorso (dritto o a zig-zag, ovvero prevedendo virate, strambate o quant'altro), in ogni istante lo strumento renderà note: vettore velocità, VMG (*Velocity Made Good*, ovvero la componente utile del vettore velocità), direzione di moto, scarti angolari tra direzione di moto (*course*), prua natante (*heading*) e destinazione (*bearing*), scarti trasversali (*cross-track error*), distanza percorsa e rimanente, ETA/TTD ... Mare permettendo, anche per un profano al timone diventa difficile errare (in entrambi i sensi della parola). La registrazione del percorso (*tracking*) è poi un simpatico complemento per ricostruire il diario dell'avventura (con data, ora, posizione, velocità e quota di ogni punto). Se si sincronizza l'orologio della fotocamera con quello (atomico!) del GPS, sarà in seguito possibile stabilire quando e dove sia avvenuto ogni scatto (geotagging sui metadati EXIF). Vi assicuro che inserendo opportunamente mappe di contestuale localizzazione all'interno di presentazioni fotografiche, lo show assume tutta un'altra veste!

Interessante inoltre in certi ricevitori la funzione MOB (*Man Over Board*, uomo a mare) con la quale, alla semplice pressione di un tasto, non solo si marca la posizione corrente (tipo waypoint) ma questa diventa anche immediatamente destinazione di un altrettanto immediato e incondizionato routing. Emergenze a parte, utile per vedere se l'ancora ha preso o si deriva.



Il meraviglioso chart plotter di bordo sul 45-piedi usato per la crociera, un costoso Raymarine con display da 10", è ovviamente estremamente performante nella sua missione in quanto assolutamente dedicato. Oltre ad avere una performante antenna piazzata nel migliore dei modi, tali strumentazioni fisse godono di ulteriori possibilità attraverso collegamenti e interazioni con anemometri, bolometri, ecoscandagli, solcometri, timoneria e propulsione a motore (autopilota) ... Anche col mare di traverso (magari non forza 8) si va come in autostrada anche col solo autopilota. Modelli evoluti utilizzano anche canali dati trasmessi da opportune agenzie per rendere conto anche di situazione meteo, restrizioni locali di navigazione (come Pianosa, ad es.), pericoli e altre amenità. Anche la cartografia si specializza, e quella marina incorpora tutte le informazioni normalmente riscontrabili in carte e portolani. E se si va verso zone critiche (fondali, interdizione ecc.) suona l'allarme.

Nella foto, tracciato assai annodato del nostro veliero causato dalla disperata ricerca di vento in una giornata di bonaccia a nordest dell'Elba (vedi anche la mappa sopra).

fisico, ovvero nessuna ostruzione intermedia, neanche chiome di fronde!

🕸 **marasma orbitale** – data una limitata potenza di trasmissione di ogni SV (una cinquantina di watt) e la loro distanza, il segnale che giunge a terra è di livello infimo, di potenza inferiore all'equivalente termico di fondo che permea l'etere elettromagnetico (per i curiosi, a livello suolo è ridotto a -160 dBW, circa un milionesimo di miliardesimo di watt!); se c'è, il ricevitore riesce ad agganciarlo solo perché ha una sorta di copia interna di quel rumore pseudo-casuale e continua indefesso a cercare l'anima gemella nella baraonda finché non vi entra in simbiosi mistica; questo aggancio (e decodifica dei contenuti informativi) richiede però tempo, per cui se si ha fretta il ricevitore deve essere messo in grado di sapere almeno quali, tra tutti gli SV, deve cercare in un dato

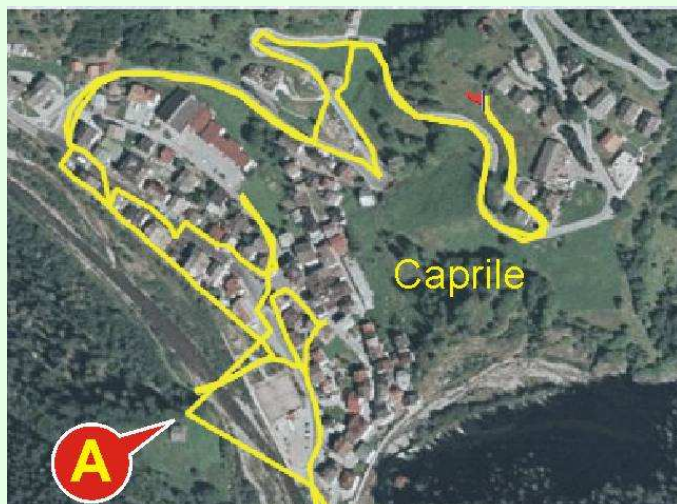
istante, in quanto potenzialmente visibili dalla sua posizione;

📡 **D-code** – contiene dati collettivamente chiamati "di navigazione" ma la loro importanza non è certo limitata a tale funzione; in particolare, vi troviamo le effemeridi (v.), dati di timing e situazione dell'orologio di bordo, un modello semplificato dei contingenti ritardi introdotti dalla ionosfera (v.), l'almanacco (v.) e lo stato di salute degli SV (si ammalano anche loro, oppure possono anche prendersi delle vacanze: l'importante è saperlo, in modo che se un certo SV da' i numeri del lotto il ricevitore possa ignorarlo senza patemi e anzi ne deve venire impedito l'utilizzo);

📖 **almanacco** – per sapere quali SV sono da cercare nella contingenza, il GPSR inizia da una mappatura grossolana della costellazione che possiede

4

Per monti



In concomitanza di un paio di passeggiate turistiche (in realtà avvenute in febbraio, quindi con panorami assai bianchi e temperature "15 sotto", l'occasione di osservare certi comportamenti del ricevitore in ambientazioni particolari e relativa analisi critica.

A Caprile, il *tracking* di una salutare passeggiata ha letteralmente pennellato la mappatura delle strade e dei sentieri scorciatoia locali. La salita sull'autobus per Alleghe ha però fatto temporaneamente perdere una adeguata visione satellitare e il punto A, poi artificiosamente congiunto dal software al restante *tracking*, è risultato palesemente sballato ("slip"). Analogamente, sulle pendici del Marmolada, il ricevitore ha sfruttato una escursione esterna a Punta Serauta, dove si cambia cabina della funivia, per riprendersi un fix dopo gli inevitabili blackout delle robuste cabine e quindi tracciare due linee realistiche Malga Ciapela – P. Serauta – P. Rocca. Al ritorno, rimanendo sempre all'interno di strutture e cabine, non c'è stato fix intermedio per cui il GPSR ha semplicemente tracciato una bella linea dritta dall'ultimo rilevamento a P. Rocca (quota 3260) a quello ripreso alla stazione base di Malga Ciapela (e per l'esattezza, sul piazzale della stessa), avendo perso completamente la visione satellitare tra i due istanti. O meglio: il firmware interno è stato coscienziosamente programmato per bloccare il fix qualora numero, visibilità o geometria dei satelliti siano troppo sconvenienti. Ai più attenti non sarà sfuggito come sia completamente saltato il cambio tronco di Antermoja (la "stazione a monte" di M. Ciapela), in quanto si rimane completamente schermati in entrambi i sensi.

Con l'uso del solo segnale GPS, ovvero in assenza di una subentrante navigazione inerziale, non c'è alcuno modo di evitare cose del genere e l'importante quindi diventa il saper discriminare/interpretare i dati tracciati con l'aiuto di un ricevitore "sincero", ovvero che avvisi inequivocabilmente non appena gli errori del fix diventano sospetti. Una sorta di *integrity monitoring* artigianale.

all'interno come imprint di fabbrica; appena agganciato un SV, comunque, scarica subito uno dei contenuti informativi che è l'almanacco, una mappatura più precisa dello spiegamento satellitare; l'almanacco ha una validità di qualche settimana, per cui se il ricevitore ce l'ha ancora buono e sa almeno a grandi linee dove si trova e pure l'ora, alla sua accensione ci mette un tempo relativamente breve a fare – almeno approssimativamente – il punto (fix) ed è quello che si definisce *warm start*; se invece non ha la più pallida idea in quale parte del globo si trovi, che ore siano e pure senza almanacco valido, allora il nostro ricevitore si prenderà un bel po' di tempo per rendere un fix degno di nota; tanto per curiosità, ci vogliono almeno 12 minuti e rotti per scaricare l'almanacco (con certe strategie il fix avverrà comunque prima);

ⓁⓁ **auto-amplificazione** – si è già segnalato come potenza del segnale, distanza, tipo di modulazione (*spread spectrum*) e altre avversità naturali o artificiali facciano sì che, in condizioni normali, trovare e poi agganciare un segnale di un NAVSTAR SV, pure affetto da policromie doppleriane mica da nulla, tra la marmellata elettromagnetica che ci sommerge è molto peggio del classico esempio dell'ago in tre pagliai (tre, così ci mettiamo pure un'alea quanto-relativistica); e perché allora non ci tocca viaggiare con mastodontiche antenne paraboloidi e ricevitori

congelati? perché accade che il connubio di frequenza portante e tipo di segnale trasportato godano di un curioso effetto di auto amplificazione all'interno di certe geometrie di antenne dimensionalmente anche assai ridotte; l'importanza dell'antenna è sempre capitale in un apparato radio, nel GPS anche di più e non a caso i dispositivi seri hanno sempre un antennozzo pronunciato, anche per evitare che la mano che impugna ne disturbi il già travagliato impegno (oltre che per respingere tiri di rinterzo, come vedremo);

ⓁⓁ **canali** – guardando certe pubblicità sembra che il numero di canali – ovvero il numero di satelliti ricevibili contemporaneamente – faccia moda come i megapixel delle fotocamere; ora, accade che nel 99% dei casi comuni si parla di sola ricezione GPS (e non anche altre costellazioni o correzioni differenziali, vedi seguito) e che la probabilità di avere in vista utile contemporaneamente 12 SV nelle 24h è molto inferiore allo 0.01%; l'andare in cima al Monte Bianco non migliora la situazione e non a caso ho detto "vista utile", dato che se un SV è molto basso sull'orizzonte il percorso del suo segnale è talmente aberrato che l'incognita tempo da esso ricavabile fa più male che bene alla nostra accuratezza e sarebbe bene che il "cervello operativo" del nostro ricevitore non lo prendesse in considerazione; morale: 12 canali paralleli sono attualmente sufficienti (anche per

correzione differenziale, vedi poi) e quando passeremo ad un GNSS galileiano 18-20 saranno l'ottimo; tutto il resto sono specchietti per allodole;

①② **relatività** – per colpa di Einstein, che se stava zitto era meglio, accade che gli SV, causa non trascurabili effetti inerziali e velocistici a cui sono sottoposti, soffrano di sindromi connesse a quello che è comunemente conosciuto come paradosso dei gemelli; sono effetti di dilatazione temporale microscopici, d'accordo, ma se per i nostri fini un errore di un microsecondo si riflette su un errore lineare di 300m allora so' cavoli! ecco perché gli orologi atomici di bordo (al cesio o al rubidio) sono costantemente monitorati, corretti e risincronizzati con un unico riferimento terragnolo dalla *Master Control Station* di Colorado Springs; anche nel dialogo tra SV e ricevitore comunque ci saranno effetti del genere, unitamente a citati ed evidenti effetti Doppler che dovranno essere parimenti tenuti in debito conto;

①③ **effemeridi** – l'almanacco, trasmesso tale e quale da ogni SV, contiene una posizione grossolana dell'intera costellazione orbitale e serve per innescare un primo, approssimato fix; ma se vogliamo la nostra posizione con approssimazioni di qualche metro allora con tale tolleranza dovremo pure conoscere la posizione istantanea del pur fuggevole vascello spaziale; allora ci sarà anche un altro messaggio, trasmesso stavolta nel *D-code* dello specifico satellite e detto effemeride, che elargirà dati assai accurati e prospettive evolutive a breve termine della propria posizione; una volta ricevute, le effemeridi hanno validità sulle decine di minuti, all'interno delle quali a una riaccensione del dispositivo o a una ripresa del segnale dopo una galleria segue un nuovo fix abbastanza veloce (*hot start*); la traiettoria degli SV viene accuratamente seguita da alcune *Monitoring Stations*, parte del *control segment*, sparse lungo la fascia tropicale e ritrasmessa ai satelliti per il relativo broadcast;

①④ **sistemi di riferimento** – si parla tanto di posizioni più o meno accurate, ma se non si stabilisce un comune e condiviso sistema di riferimento a cui addebitare i numeri si va ben poco lontano; lasciamo da parte l'informazione posizionale del satellite contenuta nelle effemeridi, tanto non ci tange e ricade tutta sul ricevitore; ma quel lat+long+quota che è la tanto attesa informazione di output del nostro gingillo, come si rapporta – ad esempio – con la cartografia in nostro possesso? Ci si può scrivere un libro sopra e non basterebbe, dato che per secoli ogni stato e ogni attività specifica si sono inventati un sistema di riferimento personalizzato locale e mai era esplosa come con il GPS l'estrema necessità di un riferimento mondiale; per definizione, GPS adotta l'ellissoide geocentrico WGS84, al secolo World Geodetic System 1984; se i carteggi connessi rispondono ad altri sistemi o il ricevitore non è in grado di traslare internamente il WGS84 verso tali altri sistemi allora possono sorgere problemi; chiaro che se all'utente basta solo vedersi iconizzato mentre percorre via Crispi sulla coreografica mappatura 3D e la onnipresente sex-appealing vocina neanche gli dice che se guarda il display poi arrota i pedoni o sbatte

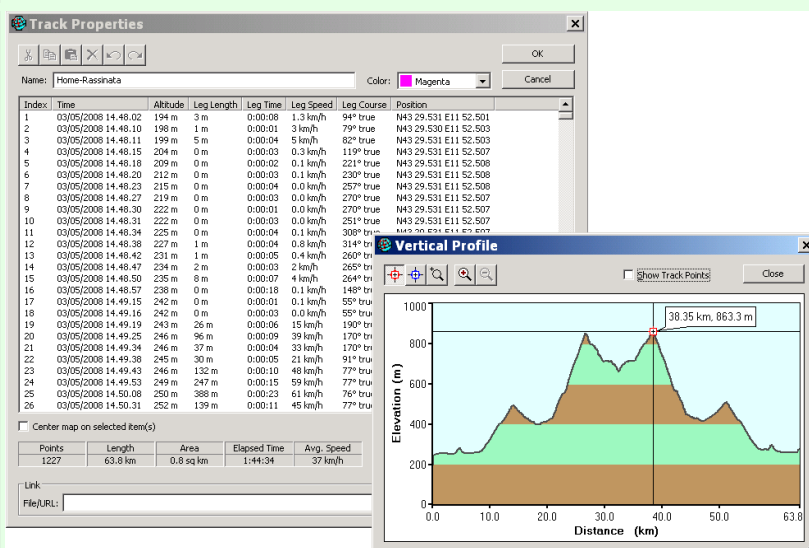
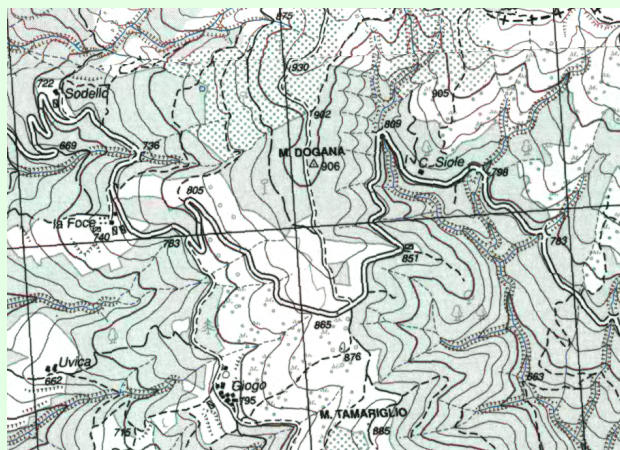
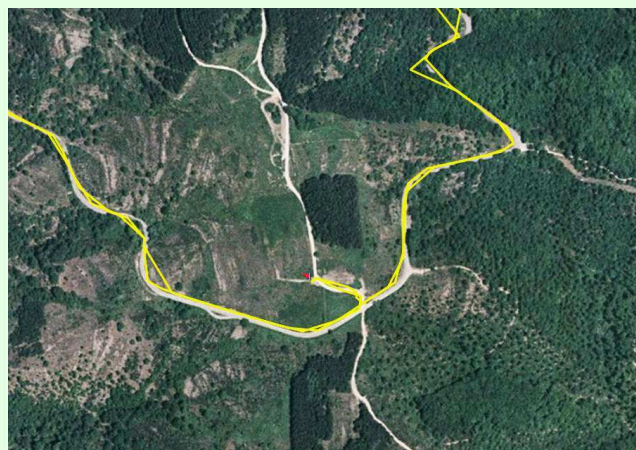
con i parcheggiati in seconda fila, tutto ciò non interessa; quindi per ora basta così, ne riparlamo poi; ①⑤ **first fix** – il computo del fix ad una riaccensione del ricevitore, dopo un brevissimo o lunghissimo periodo di buio, hanno - come già segnalato - comportamenti anche molto differenti in termini di tempo di attesa (TTFF, *Time to First Fix*), dipendendo la cosa dalla validità o meno di almanacco e effemeridi già in memoria interna non volatile, luogo dell'ultima posizione rilevata (che viene sempre memorizzata, costituendo la presupposta base di successiva ripartenza), l'essere stazionari o in movimento, potenza di calcolo e qualità generali del ricevitore; molte pubblicità vertono su corti TTFF anche a freddo (*cold start*, la situazione peggiore, tipo gingillo nuovo di fabbrica acceso l'ultima volta a Taiwan quattro mesi prima, come capitato al sottoscritto) ma dato che la natura ha comunque i suoi limiti e tutto ha un rovescio, talvolta si tratta dell'eterno dilemma tra “meglio subito e sporco” e “dammi il risultato solo quando è attendibile”; per molti usi, l'attendere 30 secondi per avere una posizione ragionevolmente accurata è accettabilissimo;

①⑥ **vincoli civili** – il GPS, nato per esigenze militari e gestito da militari, mantiene alcune prerogative di tale indirizzo; tolta la SA nel 2000 (che però il PotUS e il DoD si riservano teoricamente di riattivare quando vogliono, magari anche solo localmente), di fatto la restrizione più odiosa se n'è andata; rimane il possibile oscuramento del *P-code*, cosa che però non tange i più; esistono altre limitazioni civili (es. 1500 km/h di velocità massima e 18000 m di quota massima) ma sono talmente fuori dall'ordinario che è difficile accorgersene; così come non ci tange il fatto intrinseco che, data orbita e cono di irraggiamento dei satelliti, il sistema cessa comunque di funzionare per altezze superiori a 200 km;

①⑦ **GNSS** – il GPS, per ovvi e analoghi motivi, fu seguito a ruota dal sovietico GLONASS, magari leggermente migliore sulla carta ma non all'atto pratico dato che attualmente la Fed. Russa ha pochi soldi per mantenerlo e gli SV funzionanti non sono rimasti molti; considerato però che in generale più satelliti si usano per una localizzazione e meno errori finali si commettono, per talune applicazioni si è ben pensato di usare contemporaneamente tutte le costellazioni disponibili, facendo nascere il concetto di *Global Navigation Satellite System* che avrà enormi benefici solo quando entrerà a pieno regime (FOC, *Full Operational Capability*) il sistema europeo Galileo; già in ritardo di diversi anni e operatività prevista non prima del 2012, Galileo ha avuto vita politica e finanziaria travagliata, non ultimo anche il freno degli USA per un sistema – al contrario di GPS – nato e gestito in ambito civile; le sue prestazioni saranno molto superiori a GPS (che però nel frattempo si sta modernizzando in molti aspetti) ma solo il primo livello (su cinque) sarà gratuito per l'uso di massa; ovvio inoltre che usare GNSS significa anche acquistare ricevitori atti a ricevere e utilizzare tutte le costellazioni; maggiori informazioni nel paragrafo Futuri prossimi.

5

Per siti osservativi



Nella foto, una visuale aerea di un luogo assai noto agli aficionados del NGAA. Chi avesse dei dubbi, consulti la mappa IGM 1:25000 sulla destra. La sovrapposizione gialla con tanto di waypoint nel punto topico (la bandierina rossa) è una traccia rilevata con il GPSR in veste veicolare, ovvero con visione limitata dal parabrezza, cosa assai aberrante per il conseguente errore GDOP. A peggiorare le cose, anche la funzione *snap to road* è stata disinserita, in modo che i punti disegnati siano – nel bene e nel male – quelli realmente rilevati e non forzatamente (a volte arbitrariamente) stiracchiati per stare sulla strada, unica cosa che la cartografia interna riconosce come degna di percorribilità e che in qualche modo maschera gli errori di rilevazione nel tipico uso stradale. Ovvio quindi che qualche segmento sia andato per “greppi e frasche” anziché sull’asfalto.

Un GPSR tascabile, per quanto evoluto, rivela sempre le sue massime espressioni quando lavora in sinergia con un PC. Qui, rimanendo nell’esempio in contesto, la tracciatura effettuata sul Dogana viene sviscerata e dettagliata, fornendo molte info per ogni singolo punto rilevato. Il set di dati può essere manipolato, ad esempio esportato in un certo formato standard ed usato on-line per la sovrapposizione su aerofotografie (quelle appunto riportate), oppure anche solo per plottare il profilo altimetrico della nostra avventura. È vero, molte elaborazioni e visualizzazioni le può fare direttamente il ricevitore e in tempo reale, ma con un 19”, mouse, tastiera e poltrona è molto più confortevole....

Da notare la (casuale) accuratezza di rilevazione quota, con pochissimi metri di scarto.

Per i curiosi, la piazzola-waypoint sul Dogana può essere individuata – usando i datum localmente più usuali - dalle coordinate:

- WGS84 N43 23.466 E12 01.499 (lat/long versione moderna, con gradi e primi con virgola decimale),
- WGS84 N43° 23' 17.9" E12° 01' 29.9" (lat/long versione classica, con gradi, primi e secondi),
- UTM/ED50 33T259119 4808737 (reticolo UTM ufficiale IGM, con ellissoide ED50 (European Datum 1950) ancora riscontrabile su molta cartografia nostrana, oggi in transizione verso il WGS84).

Se si desidera un GPSR che ci porti esattamente sulla piazzola (tipico obiettivo di *geocaching*) allora molti prodotti tipicamente veicolari di fascia bassa sono praticamente fuori gioco, dato che raramente prevedono una destinazione creata via inserimento diretto di coordinate.

Terminate le promesse miserrime ma ben confuse parole (se ne volete sapere di più date un’occhiata alla Bibliografia minimalista), torniamo alla nostra votiva lista delle applicazioni, stavolta integrate da esplicitazioni questionarie in vernacolo, così tanto per campanilismo rurale.

Localizzazione: “ndo’ so’?”

O posizione o locazione o punto, o fix, è la funzione più ovvia e pure propedeutica a tutto il resto. Già, noi viviamo di strade e toponomastica (non a Ceciliano, comunque), facile quindi in ogni istante –

magari con una mappetta - farsi un’idea di dove si è, e in caso estremo si chiede all’autoctono.

E quando non si hanno punti di riferimento? La storica navigazione celeste è un’esigenza che nasce in mare, appunto. Il problema è che con i soli astri – idrometeore permettendo - si può ricavare la propria latitudine, mentre per la longitudine ci vuole un cronometro e un riferimento temporale. Facile ora, ma portatevi mentalmente nel 1500 e vedete che gusto, laddove una per quanto spiacevole situazione terragnola difficilmente si rivela di pari drammaticità (dietro-front e cammino a ritroso, disponibilità di risorse alimentari, acqua, rifugi naturali ...) e

6

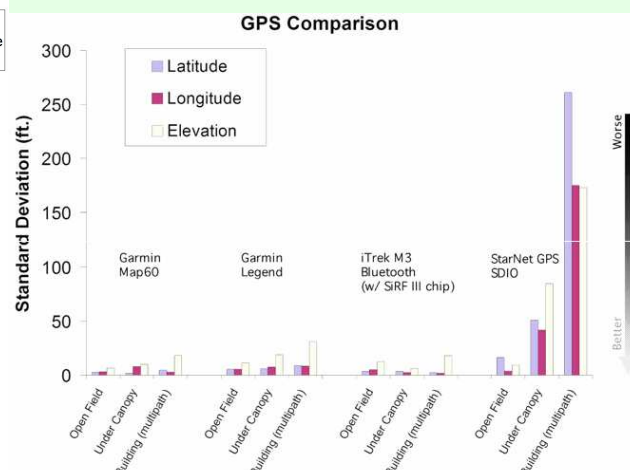
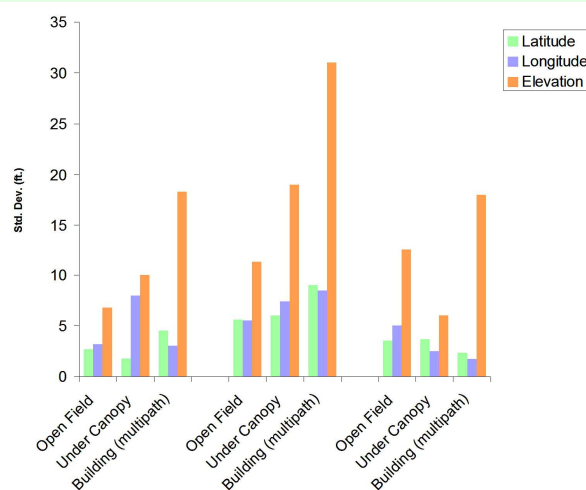
The fellow



Per trekking e passeggiate ma anche per bici e scooter quando si desidera solo tracciare, sembra che il miglior porto sia sullo spallaccio di zaino, più in alto possibile. Nella fattispecie, il fodero artigianal-riadattato lo protegge da vicissitudini pericolose pur lasciando esterna – cosa fondamentale – l'antenna a quadrupla elica. Nonostante il capoccione dello scrivente ne occluda quasi un quarto di volta, la risultante visibilità satellitare è soddisfacente. E rimarrà a portata di mano per ogni necessità.

L'outdoor necessita di un GPSR robusto (*rugged*) e leggero, ben leggibile e poco assetato di energia. Il modello in questione, ormai anzianotto ma sempre valido (lo usano molte organizzazioni gov/non-gov in giro per il mondo, comprese diverse Protezioni Civili) e i suoi discendenti, che mantengono simili fisionomie, sono un riferimento classico. Anche per chi li monta a manubrio di bici o moto, dato che molti "tamburini" commerciali non sopravviverebbero alla prima acquata.

Lo stesso dicasi anche per un sano passatempo all'aria aperta chiamato *geocaching* (una appassionante e istruttiva caccia la tesoro basata sull'uso di GPS). Oltre alle caratteristiche squisitamente legate all'elaborazione del segnale e alla sua enorme configurabilità (oltre cento datum selezionabili e diversi reticoli di coordinate, anche personalizzate), un punto di forza rimane un display che non necessita di retroilluminazione se non a crepuscolo avanzato (vedi foto). Risultato: oltre cento ore di lavoro maturate da due stilo al litio (3 €) e ancora lo stato batteria segna 4 tacche su 4 (vedi anche gli screenshot nel box 2). Va be', magari con le litio non sarà più lineare, ma... E finiranno prima o poi! Con tali rendimenti non c'è neanche più bisogno di bacarsi con le NiMH, che sono dei colabrodi e poi tanto sottozero vanno in tilt.



In merito a decantate prestazioni di certi chipset quasi come panacea di tutti i mali, da una prova strutturata su condizioni diverse (fonte: Utah State Univ./NASA) emerge qualche sorpresa, a sottolineare che non basta un motore Ferrari per fare di una 500 un bolide da F1. Un ottimo chipset può venire infatti vanificato da una pessima antenna, oppure un eccesso di indiscriminata sensibilità può portare a risultati afflitti da eccessiva dispersione, come traspare nella condizione *under canopy* (sottochioma) e multipath tra un ricevitore dotato di SiRFStar III (iTrek M3, il primo nel diagramma a sinistra) e il GPSmap 60 (chipset proprietario, il terzo nel diagramma a sinistra). Molta sensibilità può effettivamente essere controproducente proprio nel multipath, se non opportunamente imbrigliata. Solo in condizioni ideali (*open field*) subentra tangibile il vantaggio del miglioramento tecnologico. Il progresso però si fa sentire anche sotto l'aspetto di consumi e TTF.

tralasciamo le conseguenze meteo e l'assenza di cartografie attendibili.

Ebbene, l'esistenza di un qualcosa come il GPS spazza via secoli di tormenti e complicate procedure e anche il rag. Pisini, impiegato di concetto di fantozziana memoria, quando si perde mentre cerca i funghi per la Libbia può telefonare al 112 e comunicare quei numeri incomprensibili sul gingillo (a meno che non abbia ascoltato troppi mp3 ed abbia esaurito la batteria del GPSR o del cellulare...) in modo che dall'altro capo gli dicano "OK, ragioniere, non si muova da lì, tra 15 minuti saremo con l'elicottero sulla sua verticale e la evacuiamo". Va bene, è ironica ma assolutamente plausibile, quindi ora portate la scena sul Parco degli Abruzzi, sulle fantastiche lande finlandesi, alle origini del Nilo, nel

deserto del Gobi ... e capite quale tremendo impatto abbia tutto ciò.

Pensate, con un centinaio di euro si compra un aggeggio grande quanto una tazza (è così grosso perché irrobustito e resistente a urti e intemperie!), contenente GPSR, modulo GPRS (attenti agli anagrammi! questo è il *General Packet Radio Service* dei cellulari GSM per la trasmissione dati e ora superato da EDGE, UMTS, HSDPA ...poi, forse nel citato deserto mongolo ci vorrà un modulo telefonico satellitare ma non è questo che conta) e batteria che dura un anno. Il GPSR rileva continuamente la posizione e il modulo GPRS la trasmette a qualcuno che può tracciare da remoto, e in continuità, i movimenti del nostro aggeggio piazzato ad esempio su un container, su un aeromobile o su quello che volete. Equivalenti molto più miniaturizzati vengono

legati a fauna selvatica a scopo di studio. Non è più roba da 007 e si chiamano *GPS tracker/pusher* o semplicemente localizzatori. Per più normali attività leisure invece bastano dei telefoni palmari di ultima generazione e appositi servizi web per fare la stessa cosa. Il fatto poi che costi un occhio in *mobile connectivity* è un altro discorso, no?

Ma andiamo in argomento. Per rispondere al quesito in contesto, il GPSR deve agganciare saldamente almeno quattro satelliti. Vi sono in giro molti modi, anche grafici, per capire tale necessità minima ma la più analitica è quella per cui noi abbiamo 4 incognite (x, y, z, tempo) quindi per risolvere degnamente il sistema occorre avere 4 informazioni, volgarmente dette equazioni, che leghino tra loro tali incognite. Se ne abbiamo solo 3, matematicamente parlando la soluzione non può essere univocamente determinata ma i moderni ricevitori fanno di tutto pur di sputare fuori un fix, assumendo ipotesi semplificative non sempre realizzate e comunque già si perde il dato z, o quota (fix 2D) e gli errori sul punto orizzontale forzatamente indicato diventano difficilmente ponderabili.

È poi intuitivo come gli errori geometrici risultanti dai calcoli di trigonometria sferica su valori dotati di una incertezza tendano a ridursi quando gli SV sono omogeneamente disposti attorno al ricevitore, magari al disopra di un certo almucantarato, tra zenith e orizzonte. È pure intuitivo che se tutti i satelliti visibili, per mera sfortuna, sono disposti in modo rettilineo giusto per esempio sul meridiano locale (vedremo come ciò influisca direttamente su un parametro chiamato GDOP), allora le trilaterazioni per il calcolo della posizione, sono altamente sfavorite. È come se ci fossero più incognite che equazioni: si fa una scommessa su una e di conseguenza si determinano anche le altre. Ma se il microprogramma del ricevitore erra nei presupposti della puntata, ad esempio che siete grossomodo vicino all'ultimo punto traccia registrato la sera prima mentre in realtà nottetempo avete trasvolato il Pacifico ...

Una tale mefitica situazione è rarissima a cielo aperto ma diventa frequente quando ci sono ostacoli attorno, che non solo hanno il grave difetto di bloccare l'esile segnale dei satelliti ma pure di generare rimbalzi dello stesso pur bramato segnale che però ingannano il ricevitore (vedremo meglio poi). Provate in Borgunto, provate.

Ma facciamo pure il nostro punto con una favorevole posizione di almeno 6-7 SV su 7-8 ricevuti, cosa assai frequente con una buona vista di azzurro, o anche di nuvolo o buio pesto basta che sia cielo libero. Ora, se il tutto è finalizzato a disegnare una graziosa iconcina su una bella e colorata stradina vista in prospettiva, pure con le casine ai lati in 3D 16mln colors 16:9 Dolby Digital®, siamo quasi a cavallo. La cartografia stradale interna farà sì che un qualsiasi fix venga considerato bislacco se non si trova sulla strada più vicina e, considerandola cosa gradita, vi sarà portato a forza. Va bene nella maggioranza dei casi, magari un po' meno in dedali di viuzze medievali, ma tant'è. Differente il discorso quando, per molteplici motivi peraltro frequenti in

certe professioni e discipline, si esiga un punto con approssimazione stimata sul piano orizzontale di 6 metri (o 60 centimetri, o 6 o 0.6!) con una confidenza del 99%. Un discorso a parte faremo poi per la quota.

Tutte queste funzioni sono svolte dal ricevitore propriamente detto, più o meno identificabile con il contenuto hardware di quelle unità chiamate "antennine bluetooth", in realtà ricevitori completi, che sparano tutto il macinato attraverso un certo formato, chiamato NMEA, ad un blocco di elaborazione adatto ad aggiungere valore tangibile, come una decorosa e leggibile presentazione in termini di interfaccia.

Diciamocelo, la presenza di uno sbandierato ricevitore GPS in certe montature goto (ma'ndu'?) rientra in quelle ostentazioni modaiole tipiche della nostra società. Oddio, certo gli astrofili americani (o altri continenti, in verità) si fanno anche centinaia di miglia per missioni astroimaging in zone desertiche con limpidezze e seeing che in Europa neanche ci sogniamo e magari l'avere uno spara-coordinate incorporato fa risparmiare qualche minuto di stazionamento. Se lo facessero pagare due soldi, che è il suo costo industriale, andrebbe anche bene, altrimenti ritengo più conveniente investire in un dignitoso ricevitore esterno multifunzione-multiuso.

Un ultimo tip, che riguarda chi usa ricevitori bluetooth o antenne esterne (come in natanti, treni, aerei ...): il fix è sull'antenna, non sull'apparato ricevitore che magari anche visualizza il tutto ma se ne sta a qualche metro!

Tracciamento: "ndu' simo stati?"

Visto che il macchinario riesce in qualche modo a fare il punto in tempo praticamente-reale con una certa nonchalance e può pure agevolmente aggiornarlo almeno una volta al secondo, viene da pensare che il balocco possa essere utile anche per tracciare il nostro movimento e memorizzarlo come serie di punti-traccia, successivamente disponibili per elaborazioni a nostro piacimento.

Ciascun punto sarà contraddistinto da data, ora, coordinate, quota, velocità quasi-istantanea (che è solo il rapporto tra spazio percorso dall'ultimo punto, che possiamo calcolare, e il tempo impiegato, che conosciamo con estrema precisione). Tenete di conto che la velocità indicata è quella nobile alias vettoriale, quindi oltre ad un valore assoluto (quello cui siamo abituati) contiene anche direzione e verso! Tutto sommato, è quello che fa il nostro GPS tracker prima citato ma ci sono usi più ricreativi, come vedete, giusto ad esempio, nei box 3 e 4. Per inciso, laddove le strade come comunemente intese non sono disponibili e l'ambiente è anche scarsamente ospitale, un *tracking* può agevolmente offrire la chance del percorso inverso (es. la funzione di *reverse navigation* TracBack dei Garmin). E scusate se è poco.

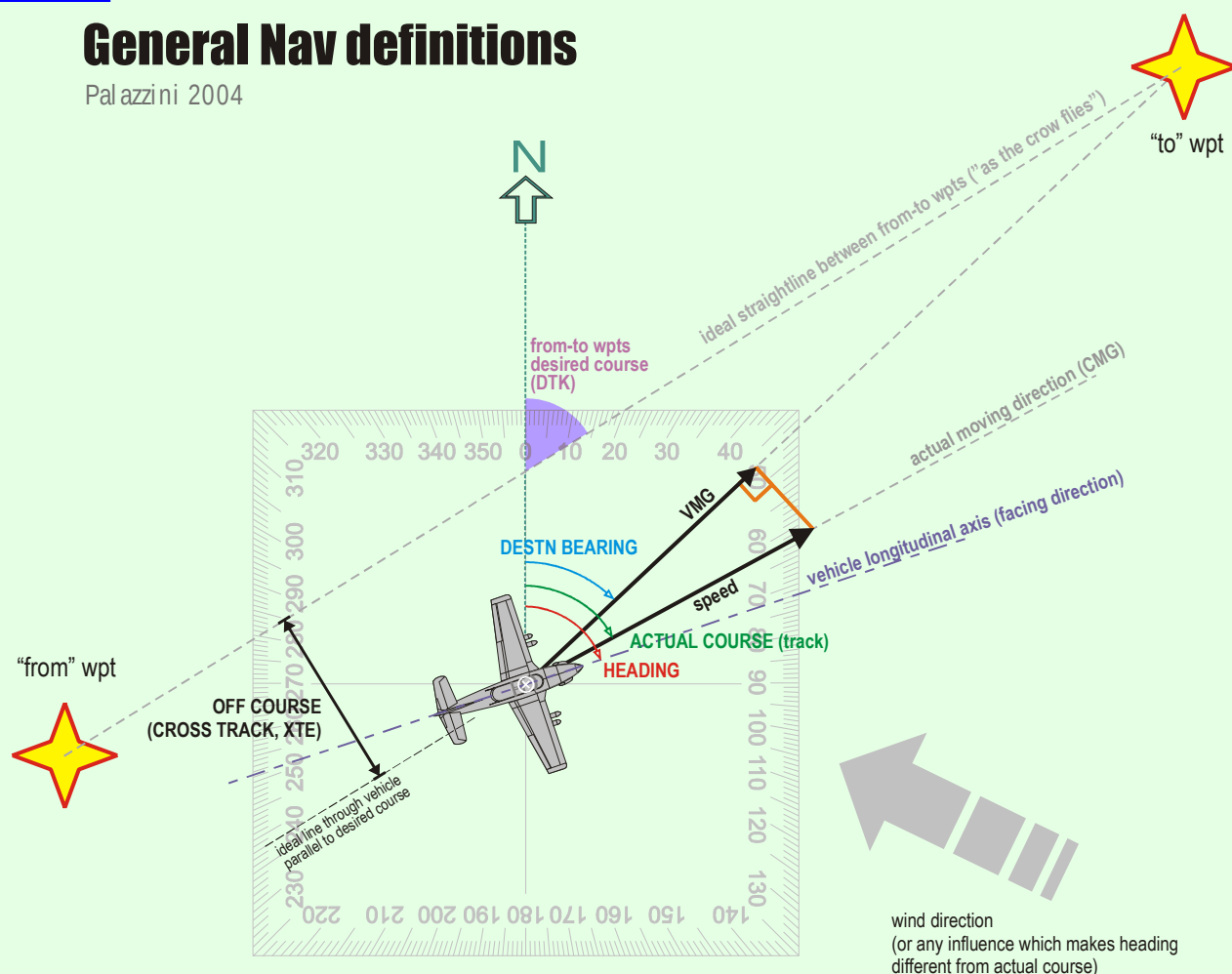
Usi estremi a parte, il *tracking* rimane una funzione altamente dilettevole e interessante per tutta una serie di attività outdoor. Avete mai provato a piazzarvi addosso il ricevitore, fare un megatour ciclistico, scaricare e analizzare la traccia registrata per: visualizzazione aerea/topografica del percorso,

7

E ai naviganti intenerisce il course Atto 1°

General Nav definitions

Palazzini 2004



Come ogni disciplina che si rispetti, anche la navigazione si fonda su specifiche terminologie che nel loro insieme formano un protocollo di dialogo. È necessario capirsi oppure si parla tra sordi e non si va da nessuna parte. Ed è così, tanto per spargere zizzania, che la maggior parte dei gingilli commerciali traduce *route* in rotta - solo perché suona simile - anziché in percorso/itinerario, glissando poi sul fatto che l'italica rotta si traduce *course*. Non è tanto per sfoggiare o pignoleggiare, il fatto è che la maggior parte dei termini di navigazione proviene proprio dalla più storica arte navigatoria, quella bagnata, successivamente adottata da quella aerea (tanto sempre di ambiente fluido si tratta, no?). Ma una attività globalizzante come il GPS sta spianando il lessico. Non a caso, a volte fa anche sorridere sentir parlare di navigazione terrena, che di fatti è un po' un neologismo, anche perché il movimento su terraferma ha raramente caratteristiche e problematiche tipiche degli altri due ambienti, primo fra tutti il fatto che non ci si muove per linee rette, spezzate o geodetiche che dir si voglia ma si seguono le strade, sentieri, fiumi, vallate ... Solo dove vengono a mancare punti di riferimento ed è virtualmente possibile muoversi in ogni direzione, come ai poli o nei grandi deserti, si crea un ponte concettuale. Si noti in figura come le linee ideali definite *heading* (prua), *actual course* (direzione reale di movimento), *bearing* (rilevamento) e *desired course/track* (traccia rettilinea tra punto di partenza e punto di destinazione, quale idealizzazione del percorso ottimale) siano identificate dal relativo angolo destrorso con il meridiano, ovvero con il nord geografico (*true north*).

Se per un qualsiasi motivo si esce dalla DTK, il continuare a muoversi lungo una direzione precedentemente stabilita (l'angolo della DTK stessa) non porta più alla destinazione voluta a causa del *cross track error*. Occorre quindi riacquisire il rilevamento (*bearing*), che rappresenta la nuova direzione da seguire. Tutte le informazioni del disegno sopra dovrebbero essere poter rappresentate contemporaneamente nella pagina *trip computer* di un buon ricevitore-navigatore.

calcolo percorso totale, tempi di sosta, velocità media e massima, pendenze superate, quota massima e minima ... Avete mai provato a "geotaggare" le vostre foto scattate nella gita a Capo Nord e poi rilocalizzarle con Google Maps?

Navigazione: "ndu' se va?" (o anche "come ce s'ariva?")

Non ci accontentiamo e vogliamo ancora di più, tipo tenerci continuamente al corrente della nostra posizione con riferimento stavolta ad un'altra

posizione, scelta arbitrariamente da noi e che chiameremo genericamente *waypoint* (letteralmente, punto di passaggio), e portata a conoscenza del gingillo attraverso la comune lingua delle coordinate geografiche.

Conoscere le coordinate di un punto a nostra scelta un ventennio fa sarebbe stata un'impresa, oggi esistono decine di risorse Internet che georeferenziano anche il vostro ombrellone a Rimini.

Di nuovo, abbiamo tutti i dati che ci servono, basta solo un microprocessore interno per svolgere continuamente dei comuni calcoli da navigante per

sentirci dire “waypoint destinazione a 32.5 miglia marine, rilevamento 148° veri; attuale direzione di movimento 140° veri, velocità 11.5 nodi, corregger e 8° a dritta”. Vi torna? Ebbene, questa è la navigazione primordiale quale obiettivo del GPS, quindi siamo sulla buona strada (eravamo qui per questo, appunto). Mettete più waypoint in sequenza, in modo che quando si arriva ad uno il successivo diventi la nuova destinazione e di conseguenza avremo un movimento complessivo a zigzag costituito da segmenti (tratte, *legs*) che si chiama *route* (che NON essendo una direzione bensì un percorso segmentato casomai si traduce appunto “percorso” e non certo “rotta” nell’accezione gergale).

Metteteci altri waypoint e dite all’aggeggio (chiaro, sarà una videatina con dei campini da riempire mediante dei pulsantini da premere) “suona un allarme se mi avvicino a meno di tot metri a uno di quelli” e avremo un supporto per evitare degli scogli pericolosi, zone off-limits tipo Pianosa o gli autovelox e così via. La quantità di servizi resi o la loro presentazione può anche diversificarsi sensibilmente ma alla fine il meccanismo è quello. Va da sé che tutto quanto sopra, anziché attraverso aride lettere e numeri (ma date anche un’occhiata agli apparati di navigazione aerea) viene meglio esibito in forma grafica e animata, la cosa diventa molto più intuitiva, ed ecco quindi intervenire i display grafici e pure *touch-screen*.

Ora che ci ho pure questi, li sfrutto e ci metto anche la grafica relativa alla cartografia di contingente interesse, così anche l’occhio ha la sua parte e la rimembranza dell’atavico cartaceo ci fa sentire più a nostro agio. Manca l’ultimo passo, la cartografia stradale, quella nota ai più.

A differenza di quello che generalmente (ho detto: generalmente) accade in cielo e mare, ovvero si va da A a B in linea retta, con eventuali variazioni sul tema a causa delle contingenze, tracciare una linea retta da casa mia alla ruscelliana sagra di ocio e maccheroni non è molto educato. Magari con l’Hammer, ma l’H1 Humvee che l’H3 è da proletari ... Devono allora accadere tre cose: primo, occorre una cartografia stradale, che riporti il maggior numero possibile delle strade automobilistiche dell’area; secondo, non basta la grafica delle strade, ma occorre anche classificarne le caratteristiche principali (transitabilità ai veicoli, velocità tipica di percorrenza, sensi unici o ZTL ...); infine, un processorino (è sempre il solito, suvvia!) che elabori e proponga il desiderato itinerario da A a B (chiamarlo rotta qua fa oltremodo ridere, mentre in inglese rimane corretto il *route*, e l’operazione si chiama appunto *routing*, instradamento, come fa quell’aggeggio a cui collegate il PC e che unisce rete locale e rete geografica affinché possiate raggiungere il sito web NGAA) secondo un oculato ma esclusivo uso di tali strade e non anche campi e fossi, ma anche cercando di evitare che la solita vocina prorompa con un “svoltare immediatamente a sinistra!” mentre stiamo imboccando una rotonda in Europa continentale.

Dato che l’appetito vien mangiando, ci buttiamo dentro anche tutta una serie di waypoint particolari

chiamati POI, *Point(s) of Interest*, che fungono da pagine gialle e ci propongono utilità varie come ristoranti, parcheggi, cinema, musei, autofficine, ospedali...

Visto che ci siamo, mettiamo giù anche i numeri civici e le famigerate postazioni che fotografano i tre quarti posteriori dell’auto, che tutto sommato sono dei POI a quali viene attivato l’allerta di prossimità citato in precedenza. Ecco perché una base cartografica stradale, utile ma non strettamente necessaria in altri tipi di navigazione punto-punto, diventa essenziale nella gita in auto. E sono di conseguenza immaginabili i motivi per cui la cartografia stradale costa molto, se fatta bene, molto di più di quell’hardware che poco ci manca si venda a chilo (alla produzione, non certo al consumatore europeo). E va pure aggiornata di frequente. E non è immune da bachi. E ci vogliono anche dietro algoritmi efficaci per calcolare rapidamente itinerari secondo le volontà utente (più veloce, più corta, in bicicletta ...) e ricalcolare la migliore alternativa appena il nostro guardiano realizza che abbiamo sbagliato svolta.

Alcuni possono domandarsi com’è che ormai certe scatoline, vendute mancapoco anche in edicola, costino ormai quanto un paio di scarpe in saldo mentre alcuni impianti di bordo nativi abbiano costi di un ordine di grandezza superiore. Beh, vi influiscono molti fattori, alcuni tecnici (cablaggi aggiuntivi di antenna e alimentazione, schermi grandi, integrazione con altre dotazioni di bordo per sfruttare la stessa interfaccia, port di aggiornamento, resistenza a vibrazioni e temperature, qualità della cartografia, ...) altri commerciali (design specifici, produzioni in serie più ristretta, speculazione...). Ma è doveroso rammentare che un “signor” impianto di fabbrica deve soprattutto poter sopperire ai blackout satellitari attraverso una navigazione inerziale, detta anche *dead reckoning* e utilizzante bussola, accelerometri, giroscopi, collegamenti con tachimetro, odometro, anemometro, solcometro, sterzo, ABS, ESP o quant’altro, con la quale riuscire ad assicurare i dati di posizione istantanea in modo affidabile almeno per un po’ di tempo (una galleria, una stretta gola, un vicolo, una folta copertura di chiome d’albero...).

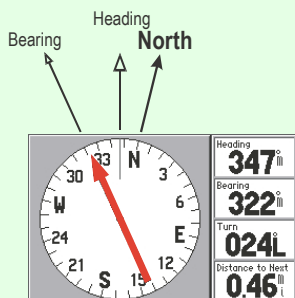
Mappatura: “’ndu’ è tutta quell’altra robba?”

Dall’esperienza quotidiana siamo portati a pensare che un ricevitore sfrutti la cartografia, a sua volta realizzata con altri metodi, magari con le classiche reti di triangolazione, fior di teodoliti e tanta pazienza. È vero in generale, anche se a livello cartografia “nobile” sia GNSS sia altre tecnologie stanno entrando alla grande. Il progetto OpenStreetMaps è tutto sommato un primo timido esempio di come si possano fare dignitose mappe stradali gratuite con collaborazione, buona volontà e GPSR in tasca. Ma ci sono altri tipi di mappatura, magari di minore portata (aree circoscritte), magari in relazione a zone difficili (deserti, foreste, paludi, zone polari, alto mare), magari non direttamente mirate alla topografia bensì alla posizione di manufatti (viadotti, condotti di energia elettrica o fluidi, piste ...) o risorse naturali

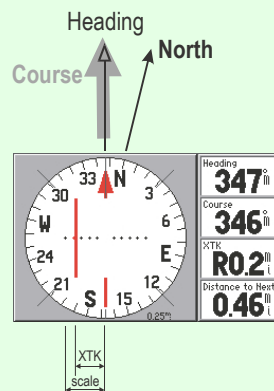
8

E ai naviganti intenerisce il course Atto 2°

Quando si ha libertà di movimento rettilineo in ogni direzione, ad es. perché lo spazio attorno è come se fosse isotropo e senza ostacoli, allora l'orientamento tramite cartografia perde senso, dato che quest'ultima – ammesso che essa stessa abbia senso – non ci aiuta ad andare dove vogliamo andare. Quello che ci serve è la nostra posizione attuale, la posizione della destinazione (ad es. definita come coordinate di un waypoint) e un GPSR che ci mostri costantemente come siamo messi nei confronti della destinazione (*bearing*, distanza...). Storicamente, le strumentazioni di bordo di navigazione inerziale si sono consolidate in due forme, sotto riportate, la cui preferenza dipende anche dalla tipologia di percorso da seguire (ad es. necessità di aggiramento di ostacoli). Un buon GPSR tuttotfare deve averle entrambe.



Tipo bussola radio-magnetica, è la forma più semplice. Lo strumento mostra la relazione angolare tra prua (*heading*), nord e *bearing* (rilevamento della nostra destinazione). Di fatto, basta virare verso il *bearing* in modo che questo vada a sovrapporsi alla prua (qui considerata coincidente con la direzione di movimento, *course*). L'aggiunta di informazioni digitali agevola ulteriormente a farsi il quadro della situazione.



Tipo HSI (*Horizontal Situation Indicator*), molto più ricco. Già qui si tiene di conto dello "scarroccio" (*leeway*), l'angolo tra prua (*heading*) e rotta (*course*), in figura pressoché nullo. Inoltre, attraverso una scala lineare variabile dall'utente, si rende anche noto lo scarto trasversale (XTK, XTE, *cross-track error*). Esistono infatti infinite rotte tutte uguali e parallele, ma solo una è quella che, in ogni istante, ci congiunge con la nostra destinazione. Ricordatevi infatti che la rotta è di fatto solo un angolo di bussola!

Quando si individua una direzione, il galateo impone sempre di riferirla al nord geografico, la qual cosa è notoriamente antipatica in quanto solitamente dotati di sola bussola magnetica e pertanto occorre conoscere la locale declinazione (magnetica, non equatoriale! astrofili deformati che non siete altro!). Tutte le carte doc, assieme al datum, la riportano, ma certo che è seccante. Ora, per usi informali, fra amici-volemosse-bene, su brevi distanze e contando che sul territorio italiano la declinazione attuale è inferiore ai 2°, si può anche riferire il tutto al nord magnetico e amen, condividendo la cosa con gli interlocutori. Quando si gioca sul serio però, nisba. Pensate che in Nord America si hanno declinazioni pazzesche, da 20° a ovest a -20° a est lungo il confine USA-Canada. Sopra, nello splendido Canada, è anche peggio e pensate che ganzzata quando nel 1700 cercavano il passaggio a nord-ovest! Per inciso, un signor GPSR lascia selezionare all'utente che tipo di nord si desidera, tanto possiede internamente una mappatura dell'andamento della declinazione magnetica e un modello evolutivo usabile per diversi anni.

Una cosa che dev'essere sempre chiara è che se non si è in movimento, magari anche solo qualche chilometro orario, la bussola gestita dal solo segnale GPS non dà informazione, o se la dà è solo l'ultimo rilievo effettuato. Provare per credere. La cosa è abbastanza intuibile, dato che l'informazione faticosamente estratta dal segnale satellitare riguarda solo la posizione e non certo i punti cardinali visti localmente. Se però ci muoviamo, allora il ricevitore analizza la variazione di coordinate tra un punto traccia e il successivo e se questi sono ragionevolmente distanti l'uno dall'altro allora riesce a calcolarsi la direzione del nord reticolo rispetto alla posizione corrente. Il legame tra reticolo e nord geografico o magnetico è poi mappato internamente. Ecco perché buoni ricevitori da escursione hanno anche una bussola elettronica a sensori magnetici che indica il nord con gli stessi principi della comunissima bussola magnetica, ergo anche e soprattutto da fermi (ma occhio agliflussi ferromagnetici!). Ora, in più, c'è il vantaggio che, sfruttando le citate mappature interne di declinazione, si può anche reclamare l'indicazione del nord geografico anziché un misero e infido magnetico. La logica del ricevitore farà sì che non appena si deambula a velocità di un normale passeggio, la bussola magnetica venga spenta e l'informazione poscia ricavata dal GPS, e viceversa. Perché 'sta complicazione? Semplice, la bussola magnetica succhia preziosa linfa dalle batterie, che altro?

(caratteristiche geologiche, corsi d'acqua, branchi di pesci, iceberg...) o interessi puntuali particolari (fenomeni vulcanici, pozzi o sorgenti d'acqua, cascate, tane d'orso, campi minati, tesori o relitti sommersi ...) o delimitazione di aree e relativi calcoli di superficie e perimetro.

Da noi siamo ancora a tiepidi inizi (vedi anche sito della Provincia e della Regione) ma basta fare un salto nel sito del *US National Park Service* per vedere come da anni si usino intensivamente GPSR in zaino per rilevare tutte le caratteristiche di interesse al fine di avere un opportuno dominio cognitivo dell'area. Non è niente di particolare, se ci pensate: basta sfruttare la solita funzione di tracciamento (*tracking*) arricchita da waypoint creati dall'utente (basta premere un pulsante e la posizione corrente viene marcata), con le dovute annotazioni sulla natura dello stesso.

Un moderno ricevitore commerciale può memorizzare anche decine di chilometri di traccia e migliaia di waypoint, quindi hai voglia! Una volta a casa (si fa per dire, basta anche un laptop), si scarica il tutto ed eventualmente lo si sovrappone a una base

cartografica o aerofotogrammetria per tutti gli usi del caso (v. semplici esempi casalinghi nei box 4 e 5).

Sincronizzazione temporale: "ch'ore sono qua? e là?"

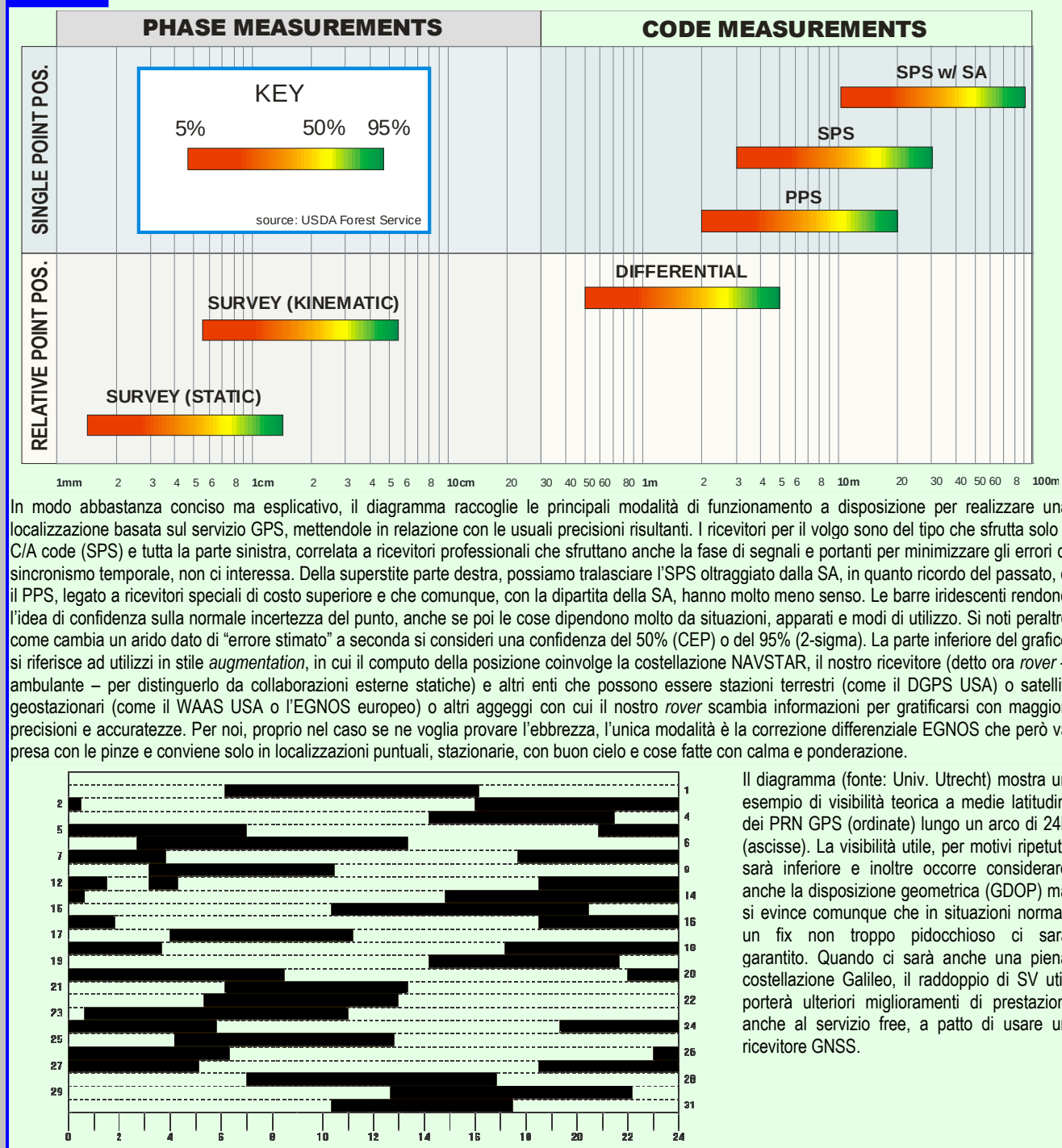
Sappiamo che una base essenziale al funzionamento dell'arcano è il fattore tempo, o meglio il fatto che tutti i cuori – SV e ricevitore – battano in sincronia. Sappiamo anche che ogni SV ha orologi interni al cesio/rubidio, la cui stabilità formulata in numeri ci fa sempre sorridere, tipo l'esprimere la distanza Terra-Luna in parsec.

E sappiamo anche che tutti gli SV sono continuamente sincronizzati attraverso delle stazioni di terra con un superclock di riferimento.

Ma allora, vi viene in mente niente? Tipo, che so, il GPS inteso come orologio mondiale tale che in ogni istante, in ogni luogo posto sulla superficie terrestre e anche più su, si possono relazionare eventi e relativo orario – cronologicizzare – secondo un criterio concorde e simultaneamente condiviso anche agli antipodi? Altro che orologi radiocontrollati da

9

Il mito dello spaccare il capello



Francoforte! Neanche i server di Internet possono pulsare all'unisono come gli orologi GPS, dati i notevoli ritardi che si accumulano in segnali viaggianti su cablaggi e immane manipolazioni elettroniche degli stessi.

Gente, un GPS in mano è come averci l'essenza stessa della misurazione umana del tempo. E ora che lo sapete, arriccerete il naso ogni volta che guarderete il vostro misero Rolex. Per la cronaca, una serie di motivi porta l'orario GPS a essere qualche secondo in anticipo sull'ora UTC, ma immagino che la cosa non turbi troppo i vostri sonni.

Illusoria certezza

C'è un sacco di gente che pensa che l'avere tante belle cifre digitali significhi una pari fiducia in termini di accuratezza e precisione della loro lettura quale espressione assoluta e santificata della natura misurata. Mai farsi ingannare, però, specialmente se ci si trova di fronte a schermatine variopinte e seducenti e distinguere sempre la coreografia di presentazione da quello che vi sta dietro.

Ho già detto che un sobrio GPSR trova sempre il modo di mostrare stato dei satelliti e una qualche misura della confidenza con cui dovrebbe essere

presa quella posizione identificata da quelle coordinate. Anche nella idilliaca situazione di 12 SV ben disposti attorno a noi ci sono sempre degli errori, riconducibili a compromessi contingenti e natura avversa e imprevedibile. L'importante pertanto sarà tenere l'errore globalmente risultante al di sotto di un certo limite ragionevole o almeno farsi una idea giudiziosa se le cifre vanno prese con il grano o con la zolla di sale.

Nel caso di nostro interesse, quello da poveri chiamato *single-point* o anche *stand-alone* ovvero senza scambio di info con altre sorgenti oltre ai SV NAVSTAR e pure in *single-frequency C/A code*, vediamo allora da dove provengono i maggiori fastidi:

❶ **ionosfera** – è una marmellata di particelle cariche in continua evoluzione e turbolenza anche senza macchie solari e ha il brutto difetto di rallentare ergo rifrangere in modo mutevole e imprevedibile il beneamato segnale del SV, per cui la stima della distanza tra ricevitore e SV, che chiamiamo pseudorange e guardacaso basata su una ipotetica velocità dell'onda e cammino percorso va un po' a ramengo. Il suo effetto sull'accuratezza è pesante, anche qualche decina di metri, e viene mitigato con l'uso (a chi se lo può permettere) della frequenza L2, che essendo affetta in modo differente dalla L1 contribuisce a creare un modello contestuale di influenza ionosferica e permettere delle correzioni tampone. Per noi dilettanti ci sarà solo un modello grossolano trasmesso con il *navigation message*.

❷ **troposfera** – anche quella fascia di miscugli di gas che poi respiriamo rallenta l'avanzamento delle onde radio e gli effetti in termini di conseguente rifrazione sono ben conosciuti dagli astrofili pur nel campo del visibile; anche con seeing da favola, un astro (o un SV) basso sull'orizzonte vedrà la sua emissione notevolmente deflessa dallo spessore obliquo di atmosfera attraversata mentre tale deflessione (che nel contesto si chiama appunto rifrazione) risulterà pressoché nulla quando l'astro si trova allo zenith; se poi il seeing tangenziale fa pure schifo è evidente che le cose non migliorano, no? Beh, comunque si capisce che, come nel caso dei ritardi ionosferici, se il percorso non è più rettilineo e c non è più c (è sempre quella di mc^2 , alias più o meno 300milioni di m/s ma che vale nel vuoto e se non è più vuoto la luce rallenta e da' appunto luogo al fenomeno della rifrazione, la stessa del prisma iridescente e della legge di Snell), allora il nostro ricevitore sballerà lo pseudorange anche di una cinquantina di metri... Ecco perché un buon ricevitore dovrebbe evitare di utilizzare SV di altezza infima sull'orizzonte. Come fa l'astrofilo.

❸ **effemeridi** – le stazioni di controllo e monitoraggio sorvegliano sempre la reale traiettoria dei SV in modo che possa essere continuamente rielaborato un modello previsionale a breve termine, trasmesso al SV e da questo al GPSR; una posizione futura prossima del SV (descritta con un sistema di coordinate solidale con la terra) sarà quindi conosciuta con notevole accuratezza ma non con precisione assoluta, per cui sarà sempre possibile

qualche metro di sgarro e con evidente diretta ripercussione sullo pseudorange.

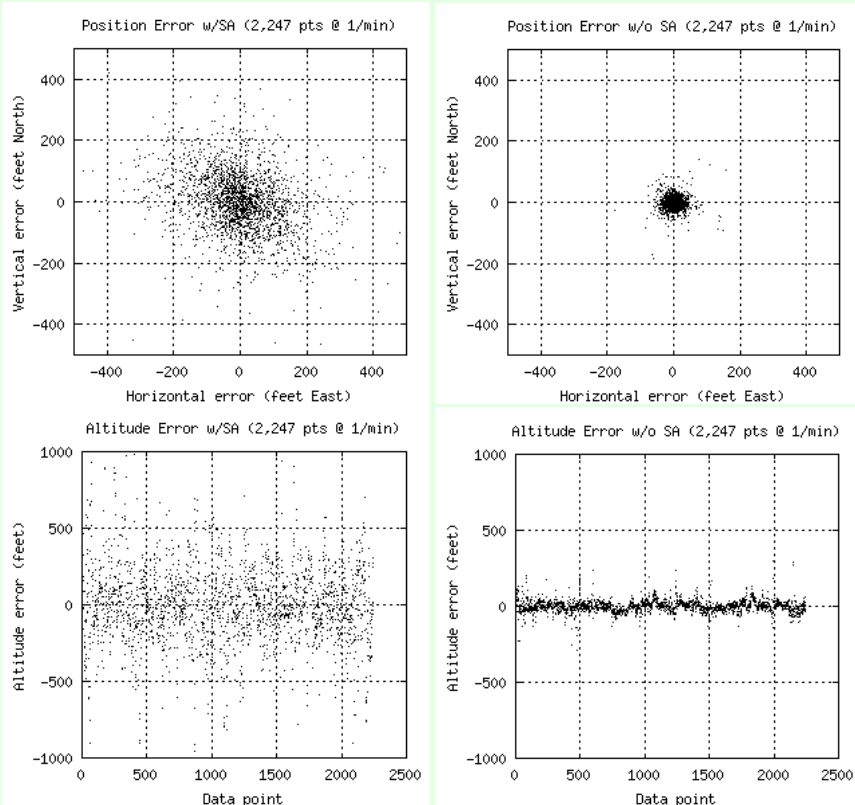
❹ **orologi atomici** – un miliardesimo di secondo chiamasi nanosecondo per i dotti; lo chiamano solo loro perché nella vita di tutti i giorni la cosa è quasi ridicola (eppure ne siamo circondati: dentro una CPU di un PC un elemento di informazione – bit – dura anche meno); bene, anche i decantati orologi atomici supersincronizzati ecc. ecc. possono prendersi delle libertà di altalenare senza preavviso di tali ordini; occhio, ho detto altalenare non derivare, per cui magari l'accuratezza sui lungo termine rimane in media quella tanto sbandierata del secondo ogni 5mila anni, ma istantaneamente possono aversi picchi in più o in meno che magari alla lunga si compensano; il nostro problema è che nel nostro uso 3 nanosecondi fanno 1 metro... Però nei nostri weekend d'avventura l'impatto è trascurabile e possiamo infischiarcene.

❺ **ricevitore** – sappiamo che possiamo evitare di portarci dietro un ingombrante e costoso orologio atomico a patto che il segnale ricevuto possa fungere da conduttore d'orchestra a un orologio più plebeo ma sensibilmente più abbordabile, come il classico oscillatore a quarzo; ma se abbiamo appena detto che anche il cesio ha i suoi vezzi, dobbiamo a maggior ragione concedere debite tolleranze anche al nostro piezo-battito; per fortuna, se i circuiti fanno il loro dovere, l'orologio interno rimarrà sufficientemente sincronizzato a quello che anima il sistema NAVSTAR e in generale non si avranno troppe ripercussioni sugli usi da diporto. Ad ogni buon conto, un signor ricevitore avrà un clock interno termo-stabilizzato, finemente tarato all'origine e ben rodato per scongiurare grossolani difetti costruttivi. Ciononostante, circuiti e logiche avranno i loro limiti e difetti, non c'è scampo, e il rumore, i ritardi e le distorsioni introdotte produrranno immancabilmente perdite di precisione.

❻ **multipath** – visto che le onde non ci portano musica ma una informazione di {tempo = distanza} all'uopo inviatoci dal trasmettitore, ci assale il tremendo dubbio che se le suddette ci arrivano di rimbalzo anziché dirette allora la nostra già flebile ma preziosa sorgente informativa tenda a imbrogliarci. In effetti, il fenomeno dei cammini multipli (*multipath*) può rivelarsi abbastanza deleterio dell'accuratezza finale, primo perché si ha una inconfutabile alterazione dell'informazione tempo a causa dell'aumento di cammino, secondo, se arriva all'antenna sia il segnale diretto che quello riflesso possono nascere imprevedibili fenomeni di auto-interferenza (*fading*) a causa delle differenze di fase, cosa che potrebbe ingannare i correlatori deputati al corretto aggancio ed estrazione del segnale. Rimanendo nel nostro uso domenicale, buoni GPSR usano circuiti, algoritmi e antenne tali da massimizzare la reiezione del segnale riflesso ma ci sono situazioni (specchi d'acqua, grattacieli ...) in cui l'accuratezza ne risentirà sensibilmente e pure in modo infido (non misurabile). Nella pratica,

10

Rosate da caccia e ammassi globulari



I diagrammi a lato (fonte randomuseless.info) evidenziano molto bene tutta una serie di argomenti ricorrenti in queste pagine.

Anzitutto, la dispersione dei "colpi" (posizioni rilevate) affetti da errori pseudo casuali, da cui la tipica forma a rosata da impallinata (un astrofilo dovrebbe invece pensare a un globulare) della situazione orizzontale nei diagrammi superiori.

Lo zero del reticolo coincide con la media 2D, una sorta di baricentro assunto come punto esatto, cosa che in generale non è molto discosta dal vero. Un po' come nell'impallinata (se la canna è buona).

Poi in evidenza, nei diagrammi all'estrema sinistra, l'azione deturpante della SA, per fortuna ora solo un deprimente ricordo.

Infine, nei diagrammi inferiori, la maggior sofferenza nell'avere quote degne di un minimo di utilità.

Occhio che tutte le lunghezze sono espresse in fettoni, per cui se vi piacciono i metri dividete a spanne per tre.

un po' d'occhio e buone antenne tendono ad arginare il problema, almeno al nostro livello.

● **GDOP** – si è già menzionato il fatto che il meccanismo della trilaterazione risente pesantemente della ripercussione delle incertezze in funzione della geometria in cui si presentano i satelliti sopra di noi. Più sono uniformemente distribuiti, meglio è. E questo è un fatto meramente geometrico, una legge di natura e non appuntabile a vizi di sistema ma che possiamo adeguatamente monitorare con certa matematica (teorie della propagazione degli errori), elaborando quella che si chiama "diluizione" geometrica della precisione (*geometric dilution of precision*, GDOP). I pignoli scompongono il tutto in rivoli di parametri derivati o costituenti (PDOP, HDOP, VDOP ...), ma alla fine quello che importa è una misura del grado di incertezza con cui dobbiamo prendere i risultati primi del ricevitore, che sono le coordinate sul piano (lat/long) e, se interessa, la quota (altezza).

Beh, quando c'era la *Selective Availability*, quanto sopra in confronto erano fiorellini per cui non lamentiamoci troppo. In campo aperto, non è raro avere dati di posizione con un EPE (*estimated position error*) di 4 m e confidenza 95%, e per i nostri trastulli va bene così.

Alcune delle fonti d'errore viste, però, dovrebbero far riflettere circa mirabolanti sensibilità sventolate da decantati chipset di recente generazione. Si è infatti visto che una sensibilità eccessiva non serve a beccare un SV bassissimo sull'orizzonte, cosa che è meglio evitare, e neanche a ricevere dentro una stanza dopo che il segnale ha fatto rimbalzi come una

pallina da flipper (v. box 6). In realtà, tali microcircuiti (tutto un ricevitore, antenna esclusa, sta in un cmq) hanno altri vantaggi, quali basso consumo energetico, capacità elaborative notevoli, memoria a go-go o algoritmi migliorati.

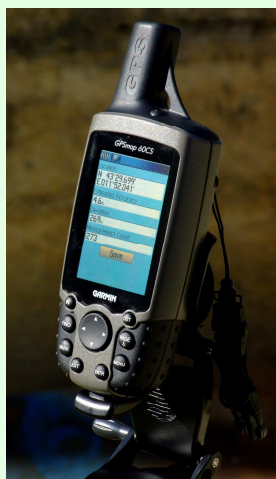
Prima di chiudere lo scabroso argomento, è bene spendere due minime parole su quell'EPE, o altri fantasiosi termini usati dalla moda o dal costruttore (*accuracy*, *location error*, HDOP, ...) e normalmente indicato nella solita pagina di stato dei satelliti. Anzitutto, sia chiaro che non conoscendo l'esatta nostra posizione non è possibile univocamente sentenziare l'errore commesso, ovvio, no? Ecco che allora si parla di errore stimato, che tira in ballo acrobazie matematiche inferenziali per rendere un minimo di grazia alla sfoggiata posizione, tanto per sapere se siamo in palla o meno.

Ogni costruttore e magari pure ogni linea di prodotto adotta proprie politiche, comprese certe psicologie commerciali per cui un dato sobrio e attendibile potrebbe non esercitare appagamento sul cliente-target e quindi viene debitamente edulcorato. Garmin, tanto per citare ciò che conosco, su certi prodotti adotta un EPE correlato alla confidenza (sul piano) del 95%, il che grossomodo significa che raddoppiandolo si ha un raggio contenente la ragionevole totalità delle possibilità (detto 3DRMS), salvo situazioni infami.

Infatti, tutto il giochetto degli errori stimati (non misurati!), così come il miglioramento di accuratezza via *averaging* di molti punti, si basa sul presupposto di un errore grossomodo casuale, o almeno riconducibile ad una distribuzione Gaussiana dove si

11

Mediazioni diplomatiche



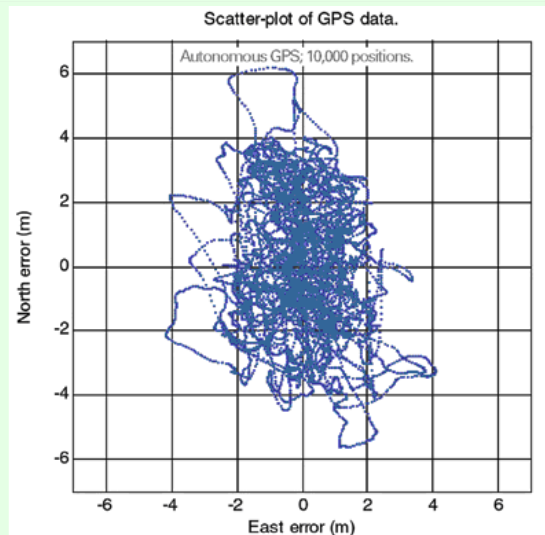
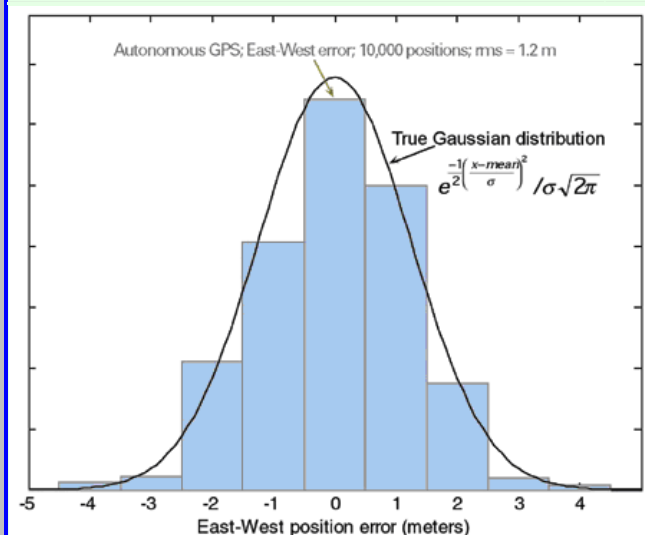
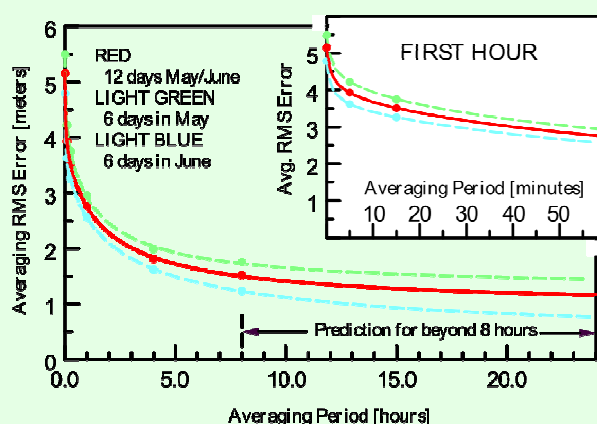
Nel diagramma a lato (fonte: David L. Wilson) è schematizzata una prova di averaging effettuata con un vecchio ma robusto ricevitore.

Di nuovo, la tecnica in questione congetture che tutta una serie di scarti, in quanto di natura casuale, tendano alla lunga a compensarsi, per cui il processo non ha una sistematica deviazione intrinseca (è accurato) e la precisione aumenta col numero di prove (conclusione tratta dalla riscontrata diminuzione della deviazione standard). In altre parole (v. anche box 10), si suppone la posizione calcolata come media di una robusta rosata di colpi sia molto più vicina al punto vero.

Una buona funzione di *averaging* implementata nel GPSR tiene conto di tutto questo e cerca di tirare fuori un buon risultato attraverso medie ponderate delle rosate acquisite. Per fortuna, ogni ora si acquisiscono migliaia di punti senza colpo ferire dato che il gingillo fa tutto da solo. Certo, se a un certo punto gli si ferma sopra una astronave alla Independence Day ...

Quando gli indigenti come noi aspirano a localizzazioni statiche con velleità e confidenze superiori a quella di un semplice punto traccia SPS, con o senza una correzione EGNOS, una tecnica molto usata è quella dell'*averaging* (media). È lo stesso principio che ci insegnavano in laboratorio misure, raccontandoci che la media di diverse misure effettuate sullo stesso obiettivo è probabilmente più accurata di una singola misura a caso. Anche i presupposti sono gli stessi: strumento e contesto sono affetti da errori casuali e come tali alteranti le misure in tutte le direzioni, per cui su tante misure tali alterazioni tendono ad annullarsi reciprocamente. L'imprecisione viene quindi compensata da una ragionata conciliazione tra un adeguato numero di misurazioni. Va da sé che se c'è uno sbalzo sistematico o altra viziosità unilaterale di fondo, sarà direttamente l'accuratezza ad essere compromessa e a nulla servirà continuare a sparare punti. Nelle foto, una soluzione casereccia ma ragionevole adottata in una situazione difficile di orizzonte visibile. Qualche astrofilo attempato si chiederà *dove ho già visto quel treppiede?* "The fellow" ha macinato e mediato un migliaio di rilevazioni, raggiungendo un EPE di 3m (senza EGNOS causa ostruzioni) laddove un singolo punto non ne voleva sapere di scendere sotto i 7m.

AVERAGING POSITION HORIZONTAL RMS ERROR
Garmin 12XL (Micropulse antenna)



I due diagrammi (fonte Gpsworld) mostrano (a sinistra) il tipico andamento delle classi di errore quasi-casuale, che, all'aumentare delle prove, tende ad approssimare la nota distribuzione di probabilità detta gaussiana, dove è possibile definire una deviazione standard σ molto utile per i calcoli e (a destra) il gomitolo creato da una continua rilevazione piana dove, a differenza dei diagrammi del box 10, la presenza di una ostruzione provoca un inviluppo ellittico anziché circolare. In tale frangente occorre essere più cauti nell'applicare allegramente alcune ipotesi, come l'assenza di un offset sistematico. Ad ogni buon conto, salvo vistose deformazioni che si allontanano troppo dal cerchio o fortemente asimmetriche, il "baricentro" della rosata rappresenta sempre un punto di alta confidenza.

possono definire una media (che nei nostri sogni rappresenta il punto "esatto", ovvero esiste imprecisione ma resiste l'accuratezza) e una deviazione standard.

L'infamia citata si riferisce a situazioni contingenti in cui non sussiste più l'ipotesi di cui sopra, ovvero esiste un fattore unilaterale – imponderabile – che altera l'accuratezza, ad esempio un feroce multipath

o la SA. Amen, il *single point/single frequency* ha i suoi limiti. Se non si hanno soldi (e ragioni) per andare oltre, almeno che se ne sia coscienti. La trattazione analitica (ma anche concettuale) dell'argomento è alquanto rognosa e a noi basta così.

Da sottolineare che alcuni ricevitori mostrano invece errori CEP (*Circular Error Probable*), che a prima vista sono numericamente minori salvo poi scoprire che il CEP sottende solo un 50% delle possibilità (come flippare una moneta!) e per avere un'idea di raggio dove fiduciosamente cadrebbe un 99% dei punti bisogna moltiplicare per 4.

Altri parlano di xDOP, che però non sono errori ma fattori di errore dovuti al solo contributo della contestuale geometria degli SV e che devono essere combinati con le altre sorgenti di incertezza prima di rendere una stima globale e usabile di errore. L'HDOP, la componente orizzontale del GDOP, avrà solitamente valori tra 1 (minimo teorico ideale) e 3, mentre oltre 6 (e senza limiti superiori) significa che ci sono problemi seri.

Un discorso a parte va fatto per la quota, che per tutta una serie di motivi viene un po' bistrattata e la sua attendibilità è molto peggiore della posizione orizzontale. In generale, diciamo che soffre intrinsecamente di un errore almeno doppio rispetto al piano.

Questo è il motivo per cui alcuni ricevitori hanno un altimetro barometrico incorporato che, se opportunamente tarato con l'uso di una carta topografica, rende eccellenti accuratezze sul breve periodo. Ottimo anche per volo superleggero e paracadutismo.

Inoltre occorre tenere presente la differenza tra l'ellissoide generato dal WGS84 e il geoide che rappresenta convenzionalmente lo zero idrometrico, discorso riportato nel paragrafo seguente.

In ultimo, occorre fare i conti con le situazioni sfigate della costellazione. Non a caso, molte prestazioni GPS sono garantite "95% del tempo", e questo per tenere di conto di circostanze in cui si hanno occasionali geometrie – ergo GDOP – da raccapriccio, magari dovute a SV temporaneamente fuori servizio. Per i perfezionisti, esistono fonti Internet dalle quali si ricavano previsioni di condizioni ideali o meno per le aree desiderate (v. anche box 12).

Sfere, zucche e palle da rugby

Prima dell'avvento del GPS, i modelli planetari utilizzati per proiettare gli enti geografici erano sempre in qualche modo sbilanciati verso l'area di contingente interesse (la cosiddetta origine) e questo per avere un miglior compromesso sulle risultanti deformazioni allorché si spiana il tutto (proiezione).

In generale, ogni documento cartografico, ai soli fini della localizzazione di un punto su un predefinito reticolo altrimenti il discorso si complica assai, è contraddistinto dal cosiddetto datum. In verità, occorrerebbe specificare che sotto datum si sottintendono un modello planetario (ellissoide), un criterio di appiattimento proiettivo (datum) e un formato (reticolo di coordinate), ma è invalso l'uso del

solo sostantivo anglo-latino. Ora, di ogni fattore esistono varianti a bizzeffe, quindi di datum in circolo ne abbiamo bizzeffe-al-cubo.

Col GPS, questi campanilismi topocentrici sono destinati a capitolare, dato che un sistema globale non può avere parzialità di sorta. Infatti, il WGS84, appositamente realizzato dal *Defense Mapping Agency* e parente del NAD americano, è un modello geocentrico, ovvero il centro dell'ellissoide coincide con centro presunto del pianeta. Dicasi ellissoide e non sfera, come sarebbe stato meglio così le cose erano molto più semplici, per i noti ingrassamenti equatoriali, cui non è estraneo il moto di rotazione.

Inoltre, il WGS84 è solidale alla Terra, il che vuol dire che i riferimenti di base (es. il meridiano zero) sono fissi alla superficie terrestre e non c'è bisogno di fuggevoli punti vernali ... Se tutto funziona, la quota indicata dal GPSR è (in prima istanza) la nostra altezza rispetto alla superficie dell'ellissoide in questione. Ora, l'ellissoide è una approssimazione meramente geometrica mentre noi, per abitudine, indichiamo la quota topografica rispetto ad uno spesso fantomatico livello del mare, che essendo appunto estrapolato si battezza medio per convenzione. Voi credete che l'ellissoide di prima coincida con il livello medio del mare sull'intero pianeta? Dipende dal punto di vista e da cosa si intenda per "coincidere": 200m sono nulla su scala planetaria ma sono una enormità in topografia! In effetti, la quota media del mare è soggetta non alla geometria bensì alla gravità (tralasciamo per pietà gli effetti di rotazione terrestre).

La Terra però non ha una gravità uniforme, perché le densità interne variano alla grande, per cui la "superficie equipotenziale", ovvero alla stessa gravità e che per il principio dei vasi comunicanti fa da livello liquido, è in realtà un patatoide assai bitorzolato chiamato geoide, che a causa delle sue cosiddette ondulazioni sta a volte sopra a volte sotto il nostro amato ellissoide. In Italia, il geoide sta sempre sopra l'ellissoide di qualche decina di metri, per cui una mera lettura di pura quota GPS (quota ellissoidica) è, per dirla alla muratora, un po' ardita. Al contrario, per esempio, gli USA stanno sotto.

Per ovviare a queste fastidiose discrepanze, è stato realizzato un modello matematico approssimato di geoide, inizialmente contenuto nel WGS84 poi evolutosi nell'EGM96, in modo che ne possa essere realizzata una mappatura all'interno di ricevitori dignitosi e far sì che la lettura di quota, pur affetta dalle note vicissitudini, sia almeno assimilabile a quella convenzionale della cartografia (quota ortometrica).

Occhio: il profilo del geoide non ha nulla a che vedere col profilo geometrico della crosta terrestre!

Sempre per pietà, infine, tralasciamo che causa le precedenti conseguenze densitometriche e rotazionali, la "verticale" in un certo punto (il filo a piombo, per intenderci) mica è detto che sia diretta verso il centro dell'ellissoide, per cui la relazione fra le quote e l'ondulazione sarebbe invero vettoriale.

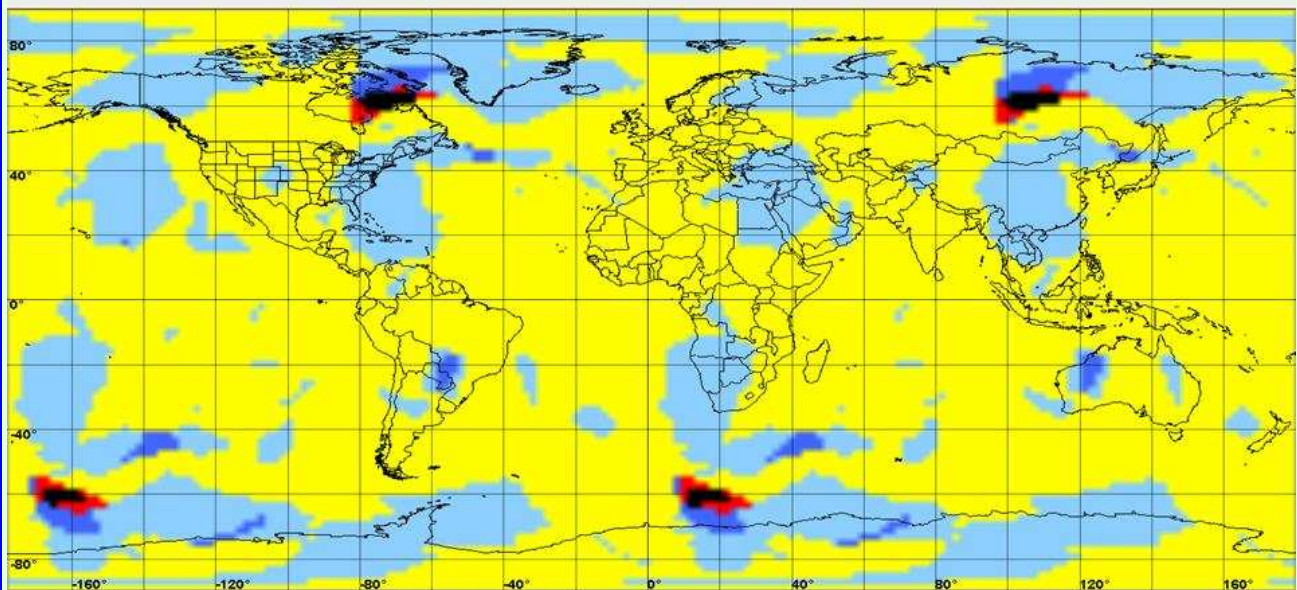
12

Per pignoli



UNCLASSIFIED

World (Best 4) Max PDOP



Contour Legend

Metric: PDOP Max Start Time: 05 Sep 2008 00:00:00Z
 Production Date: 09/01/2008 20:46:38 End Time: 05 Sep 2008 23:59:00Z
 Almanac File: SEM week 471 Altitude: 0 ft HAE
 SDF File: 2008_241_174614_v02 Latitude Increment: 02° 00'
 PSF File: 2008_245_000000_v02 Longitude Increment: 002° 00'

Number of Channels: 4
 Mask Angle: 5°
 > 12.0
 9.0 - 12.0
 6.0 - 9.0
 4.0 - 6.0
 2.0 - 4.0

PRN: 5 Outage: 05 Aug 2008 20:38:00 to Until Further Notice PRN: 7 Outage: 05 Sep 2008 18:00:00 to 06 Sep 2008 06:00:00
 PRN: 25 Outage: 26 Aug 2008 22:19:00 to Until Further Notice

UNCLASSIFIED

L'escursionista della domenica – giusto sia così – non ne fa un uso “*safety of life*”, viene appagato da coreografie varie e non è certo interessato a inutili lambiccamenti cerebrali. Quando invece l'uso del GPS è connesso ad attività particolari, in cui è richiesta non solo una adeguata accuratezza dei dati ma anche una elevata confidenza, continuità e disponibilità degli stessi, allora occorre contemplare diverse fonti di informazione e integrare le varie situazioni, compresa la consultazione di effemeridi specifiche per un certo luogo, che potrebbero ad esempio sconsigliarvi rilevazioni di precisione (es. topografiche, geodetiche ...) in una certa data a causa di una contestuale sfavorevole geometria dei satelliti.

Da quando il GPS è diventato uno strumento di cui ormai non si può più fare a meno, ci sono molti enti che forniscono on line tali informazioni. Come sempre, i più accessibili e free sono i siti governativi USA. Peccato che molti dati riguardino esclusivamente il continente americano, ma almeno dal punto di vista culturale ci si può fare una idea del mondo che vi sta dietro.

Nell'immagine di sopra, una previsione del massimo PDOP in data 5 set 2008 che tiene conto dei soli migliori 4 SV in vista in ogni locazione geografica. È quindi la previsione più pessimistica e se risulterà inferiore tanto meglio. Si notino gli avvisi di interruzioni di servizio (*outage*) previste per 3 PRN. Si noti anche il marking UNCLASSIFIED (distribuzione pubblica), a memento dell'esistenza di ulteriori informazioni militarmente riservate.

Raccolta differenziata

Per la scampagnata domenicale, le normali accuratezze e precisioni rese dal SPS e un po' d'occhio nell'uso del ricevitore sono ampiamente sufficienti. Già nel geocaching, quando perfidi organizzatori nascondono medagliette sotto i sassi, si patisce, ma è pur sempre un passatempo e la tribolazione fa parte del gioco.

Sta di fatto che una volta che il GPS e il suo concetto operativo si sono affermati e consolidati (soprattutto grazie al fatto che qualcun altro sta pagandolo e non c'è canone d'uso o balzello fiscale), non ci sono più limiti agli usi in cui se ne trovi o inventi beneficio, dal vizzo del geotagging fotografico alla

necessità di passare le coordinate al 118 se no l'ambulanza a Ceciliano non ti trova [☠], dal trattore che lo usa per arare con perfetti zigzag sul vasto fondo agricolo e su fino a usi altamente specialistici (rilievi geodetici, topografici, catastali, GIS ...) dove talvolta si necessita di accuratezze centimetriche o anche più giù.

Dovrebbe essere ora lampante che a certi usi specialistici corrispondono attrezzi ad hoc, che usano PPS, fasi delle portanti e GNSS, ma anche tecniche ad hoc. Tuttavia, anche quando apparati di alta qualità riescono a spremere il massimo dal contenuto informativo dei segnali satellitari, rimangono sempre sorgenti di errore la cui prevedibilità e correzione diretta richiederebbe la palla di vetro.

Si usa allora una tecnica compensativa, detta correzione differenziale, determinando come una localizzazione satellitare localizza un punto le cui coordinate sono esattamente note a priori, valutando il contestuale errore sistematico (differenza tra coordinate note e rilevate) e spargendo la voce attorno perché altri possano tenere conto di quell'errore e compensarlo.

La voce può essere sparsa essenzialmente in due modi: via segnale radio di stazioni terrestri (come il DGPS americano, che però usano altre gamme di frequenza e necessitano di ricevitori specifici esterni) o da certi satelliti geostazionari (come il WAAS americano o l'EGNOS europeo).

Si va quindi oltre un uso stand-alone e si instaura una collaborazione a quattro: il nostro ricevitore (ora detto *rover*, ambulante), la costellazione GPS, un canale di trasmissione e un punto fisso e noto, il più possibile vicino a noi se no il gioco non funziona, che ci fornisce in qualche modo un riferimento correttivo.

Quasi tutti i gingilli commerciali di ultima generazione, anche quelli alla nostra portata, hanno abbastanza canali paralleli e compatibilità EGNOS (che non a caso ritrasmette sulla frequenza L1). Una volta abilitata la funzione, ci si può divertire un po' a vedere delle "D" comparire dopo un certo tempo sulle barre di intensità dei satelliti e l'errore stimato scendere a 3m o meno. Ci sono però contropartite e tranelli da tenere in considerazione:

- il ricevitore consumerà di più, cosa da tenere di conto in uso outdoor prolungato,
- l'indicazione dell'errore stimato (EPE) tenderà al CEP o al 1-sigma, il che tradotto in parole povere all'errore visualizzato corrisponderà una confidenza minore,
- bisogna essere certi di aver agganciato il satellite giusto (attualmente 4 satelliti, identificati dai PRN 120,124,126,131 e visualizzati sui ricevitori Garmin rispettivamente come 33,37,39,44, che poi è il PRN code diminuito di 87, chissà perché) e non magari un WAAS basso sull'orizzonte che sputa correzioni per gli americani
- la potenziale maggiore accuratezza viene infidamente vanificata nel caso ci si muova troppo velocemente o in presenza di ostruzioni significative (schemi Maksutov, edifici ma anche fronde d'albero).

Negli anni 1990, in piena era *Selective Availability*, l'utente privato americano (in Europa nulla praticamente era disponibile) ricorreva molto a WAAS e DGPS per ovviare al pauroso errore dolosamente inoculato. Oggi, nel normale uso ricreativo è difficile trovarne solide ragioni d'uso abituale.

Se casomai capitasse di dover valutare con la massima accuratezza disponibile un punto fisso, allora converrà attivare il WAAS/EGNOS (tenendo presente tranelli e condizioni di cui sopra) e soprattutto mediare su centinaia o migliaia di punti (v. box 11).

Per amor di cultura, un veloce cenno al fatto che i sistemi esterni che aiutano ad aumentare accuratezze e precisioni del GPS sono appunto chiamati *augmentation systems*, a loro volta suddivisi

in base alla posizione del trasmettitore supplementare, ovvero *satellite based* (SBAS, come WAAS o EGNOS) o *ground based* (GBAS, come il citato DGPS o altre forme locali come l'RTK).

Il primo interessa grandi aree (*wide area*) e molte stazioni di terra che elaborano riferimenti puntuali, convogliati ad una stazione master che fa l'uplink ai satelliti GEO (*Geostationary Earth Orbit*) e da questi al GPSR, che rielabora la correzione che più si adatta alla sua contingente situazione. Il secondo è dedicato ad aree ristrette e a supporto di attività geotopografiche, come la rete delle Regione Toscana (vedi sito web). Una volta c'era anche un servizio nel sito della Provincia.

Manco a dirlo, nessuno dei due sistemi è praticamente disponibile in grandi spazi dove non ci sono stazioni correttive al suolo (oceani, deserti).

Futuri prossimi

L'impatto del GPS su miriadi di attività e situazioni è stato tale che già da anni l'attuale "vecchio" NAVSTAR non basta più. Non basta sicuramente a chi lo vede come soggetto alla volontà del PotUS ma ciò che viene richiesto sono anche nuovi servizi e funzionalità, in un impeto di fame-che-vien-mangiando e profitti mirabolanti. Ad esempio, la precarietà del valore rilevato di quota, le garanzie di disponibilità e continuità ma soprattutto la mancanza di un indicatore di integrità. E che caspio è costui? Semplicemente (si fa per dire, in realtà non è banale) una funzione sinergica tra ricevitore e costellazione che riveli ogniquale e per qualsiasi ragione si abbiano risultati PVT irragionevoli, anche solo momentaneamente, dovuti ad un fallimento – intenzionale o casuale, hardware o software - del processo desiderato.

Questa è una condizione assolutamente necessaria per l'uso in navigazione strumentale-satellitare dove sono in ballo vite umane e i margini di errore ridotti, come quella marina (percorsi portuali, ormeggi, stretti) ma anche aerea, che attualmente trova i maggiori limiti nella impossibilità di affidarsi all'altimetria GPS in fase di approccio-attezzaggio. Su questi punti, più la introduzione di servizi differenziati non gratuiti che garantiscono anche la continuità, si è basata l'iniziativa europea Galileo.

Il suo percorso tecnico, finanziario e politico non è stato facile e già ora avremmo dovuto essere in fase IOC mentre lo saremo solo tra qualche anno. Tanto, a noi poveracci interessa relativamente. Anche se il primo livello di Galileo sarà ad accesso libero, l'unico beneficio (non trascurabile, comunque) che se ne trae è solo quello di una costellazione più nutrita (avere in vista 12 SV almeno il 90% del tempo, con non infrequenti punte di 20 in fasce equatoriali e polari!) a patto però di comprarsi un nuovo ricevitore GNSS-ready. Il livello **Open Service**, difatti, opererà anche sulla stessa frequenza L1 del GPS ma con modulazioni e codifiche differenti, per cui solo ricevitori GPS di ultima generazione casomai forse potranno – bontà del costruttore – aggiornare il firmware e godersi anche Galileo. Ma la vera innovazione di Galileo saranno i livelli non-free (a

valore aggiunto, come vengono chiamati, più persuasivamente, nei gerghi commerciali):

Commercial Service, con ottime prestazioni di accuratezza e possibilità di interconnessione con reti e dispositivi locali, gestiti da providers, per godere, ad esempio, anche di navigazione indoor (*assisted*, un po' come l'attuale AGPS). Soggetto ad abbonamento oneroso, sarà utilizzato da molte attività commerciali e industriali ma anche da privati paganti e da qui la gestione privata di Galileo si aspetta di fare tanto profitto.

Safety of Life Service, formalmente gratuito ma riservato agli operatori di trasporto, caratterizzato da autenticazione del segnale ed elevata integrità.

Public Regulated Service, riservato agli utilizzi militari e di polizia.

Search and Rescue Service, ad elevata disponibilità, dedicato al supporto di missioni di soccorso/recupero; sarà un sistema con feedback: chi ha la opportuna apparecchiatura, potrà inviare tutt'attorno (stazionin terrestri e satelliti) un segnale di soccorso (*distress message*); chiunque lo riceva informa automaticamente le autorità preposte e il Centro di Controllo Galileo, che provvederà anche a far giungere un "ricevuto" allo sventurato, che nel giro del fumo è ovviamente anche stato nel frattempo identificato e localizzato.

Sia il SoL che il PRS potranno anche contare su miglioramenti prestazionali attraverso sistemi locali di *augmentation* (LAAS).

Di EGNOS si è già detto. Rimane da dire che gli USA non vogliono certo trovarsi secondi e che è già in corso un miglioramento di NAVSTAR sugli stessi canoni di Galileo e che sta dando origine a GPS II.

Per quanto riguarda l'aspetto meramente commerciale, il trend lo vediamo dai volantini pubblicitari che ci sommergono. Il fatto poi che i maligni denuncino un possibile uso in violazione della privacy dei ricevitori incorporati in certi smartphone,

quello pomaceo in testa, è solo una conseguenza dei tempi.

Tra poco troveremo localizzatori nanotecnologici anche nei profilattici. Il mio misero consiglio: cercate di investire più tempo a conoscere, aggiornarvi e se possibile approfondire i retroscena delle tecnologie correnti: anche un umanista oggi non può più farne a meno se vuole evitare di essere succube di uno spietato merchandising. Pensate a quanti abbindolamenti hanno fatto (e stanno facendo) sui megapixel delle fotocamere, sui TV full-HD, sui cellulari DVB-H o – guardacaso – su certi servizi *Traffic Message Channel* di GPSR veicolari.... Ragazzi, una volta non l'avevamo, ma ora (e speriamo che duri) con Internet, Google e Wikipedia non ci sono scuse. Ecco perché, per finire, vi darò solo una ...

Bibliografia minimalista

... senza neanche gli URL, così ve li cercate col motore (non è un dispetto! spesso gli URL muoiono e ci si rompe a sorbirsi gli ERROR 404, per cui meglio avere elementi specifici di ricerca, saper usare le virgolette se del caso e via, il risultato è assicurato) e magari ne scoprite di ulteriori e migliori. Anche quello che nel testo a prima vista è una raffica di terminologie astruse diventa una sorgente di keyword di ricerca, e vi assicuro che ci sono centinaia di splendidi siti in argomento (la maggior parte in inglese, ahimé) anche se, come al solito, dovrete districarvi tra altrettanti vicoli ciechi o peggio.

Se avete voglia di respirare vintage, consiglio di partire dal mitico *gpsinformation.net*, memoria storica del sistema, sito vecchio stile (quel dimenticato stile HTML puro dove ciò che viaggia e si presenta è informazione 100% ...) ma sempre centro-stella di tutti gli ulteriori salti-link. Se volete libri, o meglio e-book PDF liberamente scaricabili, ecco una ristrettissima selezione (mi piange il cuore per tutte le altre pubblicazioni rimaste fuori).

US Defense Mapping Agency, Technical Manual 8358.1, Datum, Ellipsoids, Grids and Grid Reference Systems, 1990	modelli geodetici e reticoli di riferimento; tosto ma fondamentale
www.ruotalibera.org, Introduzione alla Cartografia Digitale e al GPS, Corso Guide 2007	uso base del GPS; slides chiare e complete
Introduction: Using a Garmin GPS with paper maps for land navigation, Garmin 2003	integrazione operativa; conciso e chiaro
PoliMI – Polo Regionale di Lecco, Master Protezione Civile, Rilevamento e Cartografia per la previsione e la gestione del rischio - Elementi di Cartografia,	ellipsoidi, datum, quote, reticoli; livello accademico
Provincia di Milano, PoliMI, Il GPS come supporto ai controlli ambientali, 2004	principi di funzionamento, tecniche avanzate di uso per rilievi; approfondito, per pro
Garmin GPS Guide for beginners, 2000	basico ma completo, buona intro
gpscomefare 3.01 – Tutorial, 2000	intro usi generali; era partito bene ma ora è un po' datato e incompiuto
★ Javad PS – A GPS tutorial, 1998	ottima intro e spiegazioni di funzionamento
★ US Coast Guard NavCen - NAVSTAR GPS user equipment introduction, public release version, 1998	dettagli pubblici di funzionamento; pilastro fondamentale e riferimento storico, tecnicamente tosto

	John Bell – Cockpit GPS, 2005	principi di uso aeronautico; molto divulgativo
★	John Bell – Basic GPS navigation, 2005	principi di uso generale; ottimo per una visione generale dell'uso specialmente in attività outdoor
	US DoD - GPS SPS performance specification, 2001	prestazioni minime garantite dal SPS; molto tecnico
	US Army Corps of Engineers – NAVSTAR Global Positioning System Surveying, 2003	principi di funzionamento, tecniche avanzate di uso per rilievi geotopo; tosto
	Novatel – GPS+ Reference manual, 2007	principi generali funzionamento; buona panoramica
★	u-blox – Essentials of Satellite Navigation, Compendium, 2007	principi generali, funzionamento, sistemi, applicazioni; u-blox è un manufacturer svizzero; ottimo
	PoliMi, Geomatica – Il posizionamento da satellite (GNSS), 2006	completo ma abbastanza accademico
★	Mauro Bertolini, Corso di aggiornamento in navigazione moderna - 1997	il GPS e altro come supporto alla navigazione marina; completo, conciso e approfondito anche se un po' datato

Asterisco: quelli che consiglierei comunque, anche se non necessariamente i più didattici.

Epitaffio

Avevo in mente 5 pagine e sono arrivato a oltre 20! E mi sono dovuto frenare. Scarsa capacità di sintesi, sicuro, ma è un mondo affascinante! Beh, ho l'impressione che se siete riusciti a leggere tutto vi gira la testa e ne sapete meno di prima. Però ho mantenuto la promessa: ho evitato la solita trattazione trita e ritrita (la trovate in migliaia di siti, quindi era inutile) e non ho riportato formule (anche perché nel contesto è praticamente tutta matematica superiore). Ho solo cercato di forzare una panoramica su quella fascia di utilizzo intermedio spesso trascurato e negletto. Al contrario, sugli usi pedestrì e professionali la letteratura abbonda.

Per contro, in certi frangenti ho approssimato molto, quasi al limite del barare, ho omesso tanto ma non ho mai mentito (volontariamente, almeno). Se la pensate diversamente, fatemelo sapere.

In Gran Bretagna ha finora dato luogo a circa 300.000 incidenti. Su circa 14 milioni di automobilisti muniti di sistema Gps parecchi milioni raccontano esperienze da incubo

Attenzione ai navigatori "Provocano troppi incidenti"



Attenti al navigatore satellitare, può rivelarsi traditore: in Gran Bretagna ha finora dato luogo a circa 300.000 incidenti d'auto, secondo uno studio condotto dalla compagnia assicurativa Direct Line.

Su circa 14 milioni di automobilisti muniti di sistema Gps parecchi milioni raccontano esperienze da incubo: di aver effettuato manovre pericolose perché suggerite dal fido e allo stesso tempo autoritario compagno elettronico di viaggio o di aver ricevuto il comando di imboccare contromano strade a senso unico.

Il sondaggio - condotto su un campione di 2.000 automobilisti - mette in risalto che capita spesso di ritrovarsi disorientati su strade affollate e di perdere il corso del traffico a causa dei suggerimenti del navigatore. Ci sarà anche un'alternativa: scaricarli ma nel Regno Unito il navigatore è considerato un gadget di essere l'unica causa di un incidente stradale da loro proprio perché di un

Nella cronaca di questi mesi, sono stati in effetti numerosi gli esempi clamorosi di navigazione satellitare impazzita. Uno su tutti, il caso del camionista siriano che nel trasportare automobili di lusso dalla Turchia a Gibilterra è finito sino a Skegness, nel Nord d'Inghilterra. A Gillingham nel Dorset, quattro attori di una compagnia teatrale sono stati invece salvati a stendo dopo che il 'sat nav' ha fatto precipitare il loro furgoncino nel letto di un fiume in piena.

In Galles una studentessa di 20 anni - Paula Ceely - ha pagato caro la cieca fiducia riposta nel pilota elettronico: è finita direttamente sulle rotaie di un treno in accelerazione, a Ffynnongain. E' un miracolo che sia rimasta solo ferita in modo non grave.

"Gli automobilisti devono capire - sottolinea Margaret Game, la consulente del gigante assicurativo Direct Line che ha condotto l'inchiesta - che mentre sono assistiti dal navigatore satellitare, non dovrebbero seguire le indicazioni ad ogni costo, specie quando vanno a scapito della sicurezza stradale".

"Vorrei sollecitare chiunque stia prendendo in considerazione la possibilità di acquistare un navigatore, di valutare attentamente se si è in grado di utilizzarlo senza mettere in pericolo la sicurezza stradale", ha consigliato da parte sua Katie Sheperd, di 'Brake', un'associazione che si batte per una maggiore sicurezza stradale.

STAMPATA

C. Palazzini 2008 NGAA

Repubblica Motori 8 agosto 2008

BBC NEWS

Ambulance sent off course by GPS

A London Ambulance crew was sent 200 miles to Manchester by a faulty satellite navigation system while transferring a patient to hospital.

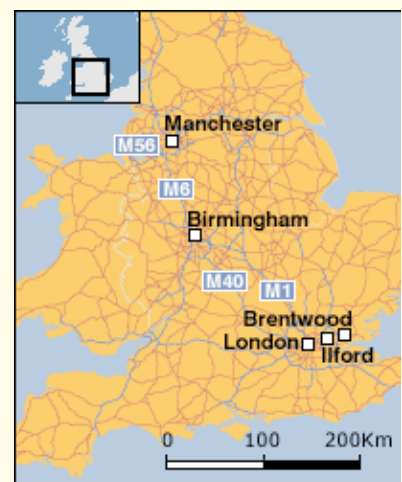
The team were supposed to take the man from King George Hospital in Ilford to Maccall Park Hospital in Brentwood.

But they did not realise their equipment was faulty until the outskirts of Manchester.

The ambulance said the patient was in a comfortable condition throughout the eight-hour journey.

The patient left the King George Hospital for the Maccall Park Hospital, which is a 12 mile (19.3km) journey, in the early hours of Tuesday morning but did not arrive until the afternoon, having travelled to Manchester and back.

A spokesman said: "We believe the crew, who had not been to this particular hospital before, followed the directions given by the navigation system, without manually confirming their destination."



"We understand that they reached the outskirts of Manchester before realising they were heading to the wrong destination. The problem with the navigation database is also now being fixed."

Jan 1st, 2006

La disavventura di un automobilista polacco
Si fida del navigatore
e finisce dentro al lago

VARSAVIA - Un automobilista polacco si è fidato del sistema di navigazione satellitare e, ignorando tre cartelli stradali, è finito in un lago. È accaduto nella Polonia centrale quando un uomo su un furgone ha imboccato una strada chiusa di recente perché così lo esortava la voce del navigatore. La strada finiva in un bacino artificiale, non indicato sulle mappe, e quando l'automobilista si è accorto dello sbaglio, il suo furgone stava già affondando. I vigili del fuoco lo hanno salvato.



Gps trae in inganno un automobilista

Corriere Nazionale 25 ottobre 2008