

Localizzazione, navigazione, tracciamento

Concetti generali

1. Posizionamento e localizzazione sono concetti diversi, anche se col tempo i dispositivi di cui si avvalgono si sono in parte sovrapposti.
2. Per *localizzazione* s'intende l'individuazione e la rilevazione sul territorio, o in mare, di oggetti come veicoli, edifici, natanti, singole persone. Si parla di *localizzazione ostile* quando si cerca di localizzare un nemico o una minaccia (ad esempio, nei sistemi militari di difesa); di *localizzazione amichevole* quando il problema consiste nel monitorare soggetti a rischio o in difficoltà (anziani soli, handicappati), o gli operatori che lavorano in condizioni di pericolo (soccorso alpino, vigili del fuoco). Una speciale branca della localizzazione è l'individuazione dell'identità e dell'ubicazione di un soggetto che usa apparati di radiocomunicazione o di telefonia fissa.
3. Il *tracciamento* è la localizzazione di un oggetto in movimento, seguendone il percorso.
4. Per *posizionamento* si intende invece un sistema che dà la possibilità a un soggetto di rilevare la propria posizione sulla superficie terrestre, o in mare, sostituendo al tradizionale orientamento con le stelle (Stella Polare nell'emisfero nord, Croce del Sud nell'altro) in uso dalla più remota antichità, l'orientamento con un sistema satellitare. Strumenti antichi come l'astrolabio e il sestante servivano a determinare la propria posizione rispetto alle stelle; oggi si captano i segnali radio emessi dai satelliti.
5. Gli apparati di localizzazione sono in genere il campo di azione di grandi organizzazioni, civili e militari. Gli apparati di posizionamento invece si sono progressivamente avvicinati, in epoca digitale, alle piccole organizzazioni (amministrazioni locali, piccole e medie imprese) e alle persone comuni.

Gli apparati di localizzazione

6. I sistemi di localizzazione si avvalgono di satelliti che sono in grado di rilevare sul territorio oggetti attraverso telecamere ad altissima definizione, trasmettendo poi a terra, con un segnale digitale criptato, le relative riprese video. Sono tecnologie eminentemente militari, che hanno tuttavia interessanti ricadute fuori dell'ambito della sicurezza in campo meteorologico, geologico, urbanistico e per il controllo del traffico. La digitalizzazione della telefonia fissa e mobile, intanto, ha semplificato radicalmente l'identificazione e la localizzazione del chiamante, sollevando problemi sia di security sia di privacy. Gran parte degli apparati di localizzazione, legittimamente usati, sono adoperati dalle forze armate e dai corpi di polizia e rientrano solo marginalmente in questo studio in quanto non sono diffusi tra la popolazione e non determinano quindi abitudini sociali, tendenze economiche e utilizzazioni della banda rilevanti ai fini della presente ricerca. La *localizzazione amichevole* ha tuttavia un grande futuro con lo sviluppo di servizi di *alerting*, ora agli inizi. La persona handicappata o anziana può, premendo semplicemente il pulsante di un dispositivo mobile che porta con sé, attivare un servizio di assistenza con maggiore facilità di una chiamata da un telefono cellulare, in cui peraltro tali dispositivi potrebbero anche essere integrati (con un tasto dedicato).

Questi servizi sono validi soltanto se c'è una centrale operativa permanente in grado di ricevere la chiamata di aiuto e di attivare i soccorsi. L'organizzazione di queste centrali, non la tecnologia, rappresenta adesso il problema.

Gli apparati di posizionamento

7. I sistemi di radionavigazione basata su satelliti, indicati internazionalmente come *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS) sono nati con l'obiettivo di fornire servizi di navigazione con copertura globale, in qualunque condizione climatica, garantendo elevata accuratezza in contesti aerei, terrestri e navali anche a mezzi mobili con elevata dinamica. Essi sostituiscono all'orientamento basato sulla posizione rispetto alle stelle quello basato su un sistema satellitare dedicato che, nelle condizioni migliori, determina la posizione del soggetto a partire dalla sua distanza rispetto a quattro satelliti.

8. Allo stato attuale i sistemi di navigazione globale in esercizio o in via di dispiegamento comprendono:

- a) il sistema GPS statunitense,
- b) il sistema GLONASS russo,
- c) il sistema GALILEO europeo,
- d) il sistema COMPASS cinese noto anche come Beidou-2.

9. Ad essi si aggiungono i sistemi di navigazione con copertura regionale comprendenti il sistema indiano IRNSS ed il sistema giapponese QZSS. In linea di principio andrebbe inoltre annoverato tra questi ultimi il sistema cinese Beidou-1.

10. Anche i sistemi di GNSS sono all'origine una tecnologia militare, ma contrariamente ai sistemi di localizzazione sono stati progressivamente declassificati e adattati ad un uso civile sempre più diffuso, che si colloca tutto negli anni 2000. Si è trattato in primo luogo di dispositivi di navigazione per veicoli, aeromobili e natanti, poi di antifurto collocati in posizione protetta su veicoli, che permettono di rintracciarli in caso di furto, e successivamente di utilizzazioni in associazione con altri apparecchi portatili (orologi da polso, macchine fotografiche), e infine con dispositivi di collegamento mobile alla rete cellulare e a Internet (smartphone, tablet etc.), venendo a costituire nuovi usi sociali, e nuovi sfruttamenti commerciali, delle tecnologie in oggetto.

11. Il sistema NAVSTAR GPS (*Global Positioning System*) è stato realizzato dal Dipartimento della Difesa USA negli anni Settanta e completato a metà degli anni '90. Il suo segmento spaziale di progetto consta di una costellazione di 24 satelliti distribuiti a gruppi di quattro su sei piani orbitali con orbite sono quasi circolari con un raggio di circa 26560 km ed una quota di circa 20200 km. Attualmente il segmento spaziale è costituito da 31 satelliti appartenenti a generazioni diverse (ovvero 10 del Blocco IIA, 12 del Blocco IIR, 7 del Blocco IIR-M, 2 del Blocco IIF), altamente ridondante rispetto ai 24 necessari per garantire l'operatività globale 24 ore su 24. E' interessante notare che, come per la televisione broadcast, il servizio è gratuito per l'utente che in questo caso egli deve solo acquistare un apparato ricevente GPS (o un apparecchio che lo contenga al suo interno). La remunerazione dell'investimento effettuato dal Dipartimento della Difesa USA è avvenuto esclusivamente con lo sfruttamento dei brevetti, grazie a cui vengono costruiti gli apparati riceventi.

12. La controparte ex sovietica del GPS, il sistema GLONASS¹, dopo una fase di parziale smantellamento è stato riportato a piena operatività e di fatto integrato con il sistema americano. Anch'esso è gratuito per l'utente, perché risponde eminentemente a considerazioni di prestigio e di ripristino dell'apparato militare russo. La costellazione GLONASS è composta (a Maggio 2013) da 24 satelliti operativi, 3 in manutenzione, 3 di riserva, 1 in fase di volo di test e presenta una copertura paragonabile a quella del GPS. Dalla seconda metà del 2011 i ricevitori GLONASS sono stati integrati insieme a quelli GPS sia nei ricevitori GNSS prodotti da BROADCOM impiegati negli smartphone di fascia alta², sia nei ricevitori per il segmento Automotive (famiglia di chipset Teseo II di ST Microelectronics).

13. Un terzo sistema di posizionamento, non ancora completamente operativo, è l'europeo Galileo: un progetto dell'Unione Europea affidato nel 2003 all'Agenzia spaziale europea. Esso è finalizzato ad applicazioni di tipo civile e non è, come quelli americano e russo, derivato da applicazioni militari³. Il progetto europeo ha progredito con lentezza, anche perché alcuni stati europei (non l'Italia) ritengono che con la progressiva liberalizzazione di GPS e GLONASS sia ormai preferibile affidarsi ai sistemi esistenti. I primi due satelliti Galileo sono stati lanciati nel 2011, altri due nel 2012 e con questi quattro sono in atto i test preliminari: il primo dato di posizione determinato sulla base dei soli satelliti della costellazione GALILEO è stato ottenuto il 12 marzo 2013⁴.

14. La determinazione della posizione di un ricevitore GNSS si basa sulla stima della sua distanza dai satelliti in vista, appartenenti a una o più costellazioni. Si osservi che, in linea di principio, da punto di vista geometrico l'antenna del ricevitore dovrebbe trovarsi nel punto di intersezione delle sfere con centri nei singoli satelliti e raggi pari alle distanze misurate. Nella realtà la stima della distanza è effettuata a partire dalla misura dell'intervallo di tempo intercorrente tra la trasmissione di un segnale radio trasmesso da un satellite e la sua ricezione da parte del ricevitore GNSS. Di conseguenza la stima della distanza è affetta da errori e imprecisioni dovute a variazioni della velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche nell'attraversamento della ionosfera e della troposfera, rispetto al valore nominale dell'atmosfera neutra, ed agli errori degli orologi di bordo dei satelliti e di quelli dei ricevitori. A ciò vanno uniti gli scostamenti tra le posizioni attuali dei satelliti e quelle calcolate a partire dai valori tabellari (effemeridi) diffusi dagli stessi satelliti.

15. Al fine di ridurre l'entità di tali errori, sono stati introdotti successivamente sistemi complementari denominati "*Augmentation Systems*" che, a partire dai segnali rilevati da ricevitori GNSS in posizioni note, forniscono correzioni in tempo reale. Le correzioni possono essere di tipo globale (ovvero basate su modelli che si applicano ad aree sufficientemente vaste) o di tipo locale (ad esempio GNSS differenziale).

¹ Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema, Sistema satellitare di navigazione globale.

² Per primi l'iPhone 4S, il cinese MIUI Phone ed il coreano SAMSUNG Galaxy Note, entrambi con

² Per primi l'iPhone 4S, il cinese MIUI Phone ed il coreano SAMSUNG Galaxy Note, entrambi con sistema operativo Android.

³ Necessario precedente di Galileo è EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Service), sempre dell'Unione Europea e dell'Esa: un sistema di controllo della navigazione aerea sull'Europa, ottenuto implementando il sistema GPS con quattro ulteriori satelliti. E' stato pensato anche per la circolazione arerea. Il programma è stato lanciato nel 1998 ed è operativo dal 2009. (http://www.egnos-pro.esa.int/Publications/ESA_EGNOS_br284_2009.pdf)

⁴ http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index_en.htm#h2-2.

16. Rientrano nel primo caso i sistemi di Augmentation che utilizzano satelliti geostazionari per la diffusione delle correzioni su aree vaste o SBAS (Satellite Based Augmentation Systems). Essi comprendono:

- a) WAAS, USA;
- b) MSAS, Japan;
- c) EGNOS, EU;
- d) GAGAN, India;
- e) SDCM, Russia.

17. Oltre a fornire le correzioni, questi sistemi monitorano continuamente la qualità del segnale trasmesso nello spazio (Signal In Space) e l'integrità dell'informazione sulla posizione che può essere dedotta dalla sua elaborazione.

18. Allo stato attuale, per ciò che riguarda l'Europa, il sistema EGNOS è stato certificato per l'assistenza alle fasi di decollo, crociera e atterraggio dei mezzi aerei per uso civile, che sono pertanto in grado di effettuare, in sicurezza, tutte le operazioni di volo se muniti di un ricevitore GPS-EGNOS. Nel caso della navigazione aerea l'elemento di criticità è rappresentato dalla garanzia che la probabilità che il ricevitore GNSS-EGNOS fornisca informazioni in grado di produrre effetti che possono causare incidenti a cose o persone sia estremamente piccola ($<10^{-9}$ nella fase terminale del volo). Le accuratezze richieste sono invece dell'ordine del metro.

19. Ancorché finanziati dalle applicazioni di tipo aeronautico, i sistemi SBAS forniscono le correzioni in chiaro e possono essere utilizzati in una molteplicità di applicazioni. Si citano ad esempio i ricevitori GNSS ad alte prestazioni utilizzati nell'ambito *Automotive*, che consentono di risolvere efficacemente situazioni ambigue in presenza di corsie parallele. Considerato, inoltre, che i percorsi stradali possono presentare tratti in tunnel e gallerie in cui i satelliti non sono visibili, di norma questi tipi di apparati integrano a bordo sia sensori inerziali (giroscopi e accelerometri) sia i dati forniti da tachimetri e odometri, congiuntamente a data base dei tracciati delle strade.

20. Per favorirne l'uso anche da parte di dispositivi che non includono un ricevitore EGNOS, i dati della rete EGNOS possono essere acquisiti anche tramite il servizio EDAS (EGNOS Data Access Service) accessibile via Internet.

21. Per applicazioni che richiedono accuratezze dell'ordine dei centimetri (ad es. rilievi catastali) è necessario fare ricorso a sistemi di tipo locale, in cui vengono ridiffusi agli utilizzatori, in tempo reale, i segnali ricevuti da stazioni in posizione nota al posto dei parametri relativi ai modelli di area vasta. Esistono, allo stato attuale, reti private come la SmartNet ItalPos che forniscono le correzioni di rete in tempo reale (modalità RTK) via Internet. Per ciò che concerne la rete di telecomunicazioni si sottolinea che la capacità di canale (e di conseguenza l'entità del traffico) necessaria per supportare questa modalità di funzionamento può essere di uno o due ordini di grandezza superiore a quella delle correzioni dei sistemi SBAS.

22. Poiché per calcolare la posizione del ricevitore occorre conoscere la posizione del singolo satellite, in condizioni ordinarie, un ricevitore che venga acceso dopo un lungo periodo di inattività, deve attendere che il satellite trasmetta per intero il messaggio di navigazione contenente, tra l'altro le effemeridi. Ciò può comportare un'attesa dell'ordine dei 12-13 minuti primi. Al fine di ridurre il tempo necessario per la ricezione delle effemeridi, i sistemi di comunicazione mobile di ultima generazione

forniscono direttamente ai ricevitori a bordo dei terminali mobili sia le effemeridi che tutte le altre informazioni di servizio necessarie a rendere più rapido il calcolo del primo punto con una riduzione del *Time To First Fix* (TTFF) a meno di 1 secondo. Tale modalità di funzionamento è indicata in letteratura come *Assisted GPS* e, più in generale, come *Assisted GNSS*.

23. La principale limitazione dei sistemi GNSS è che il loro uso è confinato ad ambienti aperti. Non funzionano in ambienti chiusi o quando la visibilità dei satelliti è parzialmente oscurata, anche all'interno delle città (il cosiddetto *urban canyon*). Per sopperire a queste limitazioni, quando non sono necessarie accuratissime, si può fare riferimento all'informazione di prossimità di sorgenti elettromagnetiche in posizione nota. È questo il caso delle informazioni di localizzazione derivate a partire dal tracciamento degli identificativi delle stazioni radiobase estratti dai segnali relativi ai canali diffusivi (canali di BROADCAST) ricevuti dai terminali mobili, e/o dagli identificativi dei nodi di accesso delle reti WiFi. L'integrazione tra ricevitori GNSS e queste tecniche negli smartphone Apple e Android ha richiesto una intensa campagna volta a georeferenziare i nodi di accesso WiFi.

Le applicazioni civili dei sistemi di posizionamento

24. Molte applicazioni del GPS hanno semplificato il lavoro di geometri, architetti, cartografi, ingegneri. Per misurare o tracciare una strada, disegnare una mappa, progettare e localizzare l'impianto di un nuovo oliveto erano necessarie complesse rilevazioni trigonometriche (basate sull'intersezione di tre rette). Oggi è sufficiente ricevere un segnale GNSS e usare semplici software, eventualmente integrando il tutto con le correzioni fornite dalle reti di Augmentation pubbliche o private.

25. L'ambito di applicazione si è subito diffuso fuori delle cerchie degli specialisti. I navigatori satellitari per veicoli e natanti hanno ormai larghissima applicazione, con numerosi software di navigazione, e utilizzano varie risorse cartografiche, pubbliche o di proprietà. Essi sono sempre più spesso integrati all'origine nel cruscotto del mezzo. Dotati di un sintetizzatore vocale, i navigatori forniscono al guidatore istruzioni vocali – all'origine ruvide e brusche, poi gradevoli e personalizzate – per raggiungere il luogo richiesto, adeguandosi immediatamente alle variazioni di percorso, o agli errori di direzione, del guidatore. Una connessione a Internet tramite un terminale mobile, permette di aggiornare quasi in tempo reale il database del navigatore, corredandolo dei lavori in corso, delle deviazioni sul posto, delle condizioni del traffico sulle varie strade, e anche – legalmente – della posizione dei misuratori di velocità.

26. Adottando la stessa tecnica, sono stati realizzati sistemi di gestione di flotte di veicoli e sistemi antifurto per gli stessi. Il veicolo su cui è montato in posizione nascosta l'apparato comprendente un ricevitore GNSS ed un terminale mobile della rete telefonica cellulare, la cui manomissione blocca il veicolo, trasmette automaticamente la propria posizione alla centrale operativa che provvede al suo tracciamento, sia su richiesta che su evento (ad es. all'accensione del motore, all'arresto dello stesso, ad intervalli periodici, in caso di sollevamento da terra, su attivazione dei sensori anti-intrusione, etc). La diffusione di questo tipo di applicazioni è stata fortemente incentivata dalle politiche delle Compagnie di Assicurazione che riconoscono una consistente riduzione del premio assicurativo agli utenti che adottano sistemi di tracciamento degli spostamenti dei propri veicoli come quelli citati. Peraltro, l'uso

opportunistico delle informazioni aggregate relative agli spostamenti dei singoli veicoli ha consentito alle aziende fornitrici dei servizi di gestione di flotte e di singoli veicoli, di redigere mappe di traffico estremamente dettagliate aggiornate in tempo reale.

27. Più recentemente, la combinazione tra tecnologie di navigazione satellitare integrate negli smartphone e i social network ha portato alla diffusione di servizi di stima e ridiffusione dei dati di traffico veicolare derivati dalle informazioni rese disponibili dai membri di una comunità, come quelli offerti da Waze, azienda israeliana acquistata da Google ai primi dell'estate 2013 per 1.1 miliardi di dollari.

28. Esistono anche navigatori per uso pedonale (per orientarsi nelle città e per il trekking) e per uso sportivo. Essi combinano le prestazioni GPS di uno smartphone con un sensore collocato in una scarpa e, successivamente, con un accelerometro⁵ integrato che ne elimina la necessità. È così possibile registrare i percorsi, le distanze percorse, i tempi di percorrenza, le calorie consumate; ma anche confrontare i propri dati con le comunità di appassionati che utilizzano lo stesso servizio, proponendo e accettando gare e sfide a distanza. Anche il geoposizionamento, come vedremo, si indirizza verso una funzione di social networking.

29. Assai rilevante l'abbinamento del GPS alle macchine fotografiche digitali. Esso permette di associare ad un'immagine fotografica o video, nei suoi metadati⁶, l'indicazione esatta del luogo dove è stata scattata ("geotagging") eventualmente associandola ad una rappresentazione cartografica di quel luogo. Essa permette di postare la foto su un social network (ad esempio Flickr o Panoramio, specializzati nella raccolta di immagini) esplicitando il luogo in cui è avvenuto lo scatto e quindi facendolo comparire nelle ricerche e consentendo la formazione di comunità di appassionati uniti dalla relazione con determinati luoghi; fornendo alle imprese e al marketing una miniera di dati su cui lavorare per la profilazione dei clienti e l'offerta di prodotti e servizi personalizzati⁷.

30. L'inserimento della funzione geoposizionamento negli smartphone⁸, che sono anche gli strumenti primari di produzione e diffusione di immagini digitali, ha poi chiuso il circolo: le pratiche sociali sui social network sono sempre più geolocalizzate. Dare una dimensione spaziale, oltre che temporale, alla nostra produzione di immagini

⁵ L'accelerometro è uno strumento, ormai miniaturizzato, per misurare l'accelerazione di un oggetto in movimento. Esso ha trovato larga applicazione nelle *console* di gioco evolute (Nintendo Wii), consentendo la registrazione dei movimenti dei giocatori, e nella telefonia cellulare gestendo l'orientamento orizzontale o verticale del display a seconda della posizione del dispositivo (inclinometro).

⁶ Ogni immagine digitale associa dei metadati che contengono le informazioni necessarie all'interscambio dell'immagine e la registrazione dei dati dello scatto (data, ora, diaframma, tempo di esposizione, uso o meno del flash, ecc.). Ciascun formato di immagine ha standard propri per i metadati: il principale, per il più comune JPEG, è EXIF (Exchangeable Image File). Molti utenti non qualificati ignorano quanti dati, anche sensibili, mettono a disposizione di chiunque si avvalga dell'immagine che hanno messo in circolo.

⁷ Vedi ad esempio Adrian Popescu, Gregory Grefenstette, *Mining Social Media to Create Personalized Recommendations for Tourist Visits*, in "Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems", Paris, April 27 - May 02, 2013, <http://dl.acm.org>.

⁸ L'associazione del GPS allo smartphone non è stata immediata perché originariamente il ricevitore GPS impiegava per le sue triangolazioni un tempo ristretto, ma incompatibile con l'uso quotidiano del cellulare. Il GPS in realtà dialoga con la cella, che poi invia i suoi dati al terminale attraverso la rete di telefonia mobile, assumendo che i satelliti in vista dalla cella siano gli stessi visibili dai terminali che si trovano sul suo territorio. In questo modo il telefono con GPS ricava in pochi secondi la propria posizione.

sembra un corollario indispensabile sia alle persone, che alle aziende, che alle pubbliche amministrazioni⁹.

Un nuovo senso del luogo

31. Le innovazioni che abbiamo qui trattato, e le connesse pratiche sociali, non sarebbero state possibili senza una radicale innovazione nei sistemi di rappresentazione della terra e della loro pubblica disponibilità.

32. Esiste ormai, grazie a satelliti che continuamente fotografano e riprendono in video la superficie terrestre, una larga disponibilità di mappe di ogni tipo e dimensione, comprese quelle della Nasa, l'ente spaziale americano, che si possono scaricare legalmente dalla rete. Una conoscenza e leggibilità così vasta e immediata della superficie terrestre è una assolutamente novità nella storia. Le carte geografiche erano costose, laboriose da tracciare sul terreno, raramente aggiornate, spesso sottoposte alle restrizioni del segreto militare.

33. Il settore cartografico è ormai totalmente digitalizzato, grazie a applicazione messe in campo da Google e da altri operatori¹⁰. Google Maps, operativo dal 2005, fornisce una copertura cartografica gratuita, pressoché totale, del pianeta con i connessi strumenti di navigazione e di ricerca. Google Earth, introdotta nello stesso anno, è una rappresentazione 3D di sempre più ampie porzioni della terra, partendo dalla grande abbondanza e libera disponibilità di immagini digitali della terra realizzate da satelliti artificiali di ogni tipo. Google Streetview, lanciato nel 2007, offre visioni panoramiche di ciò che si vede percorrendo una strada, grazie alle immagini riprese in tutto il mondo da "Google Cars" dotate di sofisticate telecamere¹¹.

34. Il successo di queste applicazioni è stato immediato, sia fra gli utenti privati che nelle imprese e nelle istituzioni. I telegiornali mostrano le immagini delle mappe, gli account dei social network indicano la posizione del domicilio del titolare dell'account. Si tratta non solo della visualizzazione di dispositivi, ma di veri e propri media: non solo perché sono incorporati nella produzione mediale ma perché assumono le logiche tipicamente pubbliche dei media, anche quando trattano dati originariamente definiti privati.

35. Negli anni '80 la pervasività dei media broadcast generalisti aveva fatto parlare di "perdita del senso del luogo" (Meyrowitz, 1985¹²). Anche la telefonia cellulare aveva poi contribuito a questa percezione popolare, disaccoppiando la chiamata dal luogo del chiamante e da quello del ricevente. Oggi i dispositivi di geolocalizzazione e le pratiche sociali che vi sono connesse hanno contribuito potentemente a un ritorno del senso del luogo: fattore culturale, ma anche di grande rilevanza economica e politica.

⁹ Cfr. Morgan Ames, Mor Naaman, *Why we tag: Motivations for Annotation in Mobile and Online Media*, in "Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems", cit.

¹⁰ Mi riferisco in particolare a Microsoft Virtual Earth (poi Bing Maps Platform), Yahoo Maps, Nokia Maps e altre.

¹¹ Le canadesi Dodeca 2360, dotate di 12 obiettivi.

¹² Yoshua Meyrowitz *No sense of place : the impact of electronic media on social behavior*, New York, Oxford University Press, 1985.