

Profondo... Nord

Numerose applicazioni richiedono di conoscere l'orientamento di una determinata direzione o dell'orientamento di un oggetto rispetto alla direzione del Nord geografico con elevata accuratezza. La bussola brevettata è in grado di assicurare una precisione molto più elevata dei modelli sul mercato

Deep... North

Many applications need to know, with a high level of accuracy, the orientation of a given direction or object with respect to the geographical North. The patented compass can ensure a much higher precision than the models currently available on the market

The initial problem

Many applications require a high level of accuracy when determining a given direction or the orientation of an object in space, with respect to the North. In addition to cartographic surveys, it is worth mentioning the measurements for geological surveys and civil engineering works, the environmental monitoring, urban or industrial sites surveys, the installation of concentrating solar plants (thermal and photovoltaic) and of radar facilities, the remote robot control for surveys in contaminated areas or extraterrestrial missions, etc.

The conventional magnetic compasses usually have a low level of accuracy, typically of the order of 1°. Actually, the magnetic

Il problema di partenza

Numerose applicazioni richiedono un elevato grado di accuratezza nella conoscenza di una determinata direzione o dell'orientamento di un oggetto nello spazio, rispetto alla direzione Nord. Oltre alle rilevazioni cartografiche, si possono citare le misure per i rilievi geologici e le opere d'ingegneria civile, i monitoraggi ambientali, i rilevamenti di siti urbani o industriali, l'installazione d'impianti solari a concentrazione (termici e fotovoltaici) e di impianti radar, la guida remota di robot per rilievi in zone contaminate o missioni extraterrestri ecc.

Le bussole magnetiche normalmente utilizzate hanno una bassa precisione, in genere dell'ordine di 1°. Infatti, il Nord magnetico non coincide con il

Nord geografico e la differenza tra essi varia nel tempo (anche giornalmente). Inoltre, la presenza di materiali ferromagnetici nei pressi della bussola può influenzarne il funzionamento in maniera significativa.

Un dispositivo che consente di aumentare molto l'accuratezza della misura del Nord geografico è rappresentato dalla bussola solare, che si basa sull'utilizzo della posizione del sole rispetto all'osservatore e che sfrutta il principio di una meri-



FIGURE 1 An old solar compass based on a portable sundial

Patent No.: RM2012A000664

Title: Bussola solare elettronica ad alta precisione

Inventors: Francesco Flora, Sarah Bollanti, Domenico De Meis, Paolo Di Lazzaro, Antonio Fastelli, Gian Piero Gallerano, Luca Mezi, Daniele Murra, Amalia Torre, Davide Vicca

Contact person: Francesco Flora, francesco.flora@enea.it



diana portatile. Questa, una volta orientata a sud la linea che segna le ore 12, fornisce l'ora grazie all'ombra di uno gnomone, ma se si conosce l'ora esatta e si allinea l'ombra sulla linea che indica tale ora, si ricava la direzione nord-sud (che coincide con le ore 12 del quadrante della meridiana). Le bussole solari più moderne sono elettroniche e munite di un dispositivo GPS (Global Positioning System), in grado di fornire le coordinate del luogo e dell'ora con estrema precisione, oltre a un sistema di rilevamento elettronico della posizione dell'ombra sul quadrante della bussola (ovvero la direzione del sole). Questa caratteristica le rende precise e completamente automatiche.

L'invenzione

L'ENEA ha brevettato una bussola solare elettronica meno complessa, ma più precisa di quelle esistenti, compatta e automatica, che rileva la posizione del sole con un sistema ottico innovativo e utilizza le equazioni che ne regolano il moto apparente, grazie ad un algoritmo semplice ma accurato, in grado di funzionare in ogni luogo della Terra e di fornire la direzione Nord-Sud con una precisione di circa 1/60 di grado. Come le meridiane nelle chiese raggiungono la massima esattezza grazie al loro funzionamento basato sul principio della "camera oscura", così anche il quadrante della bussola ENEA rimane tutto buio ad eccezione di una riga di luce lasciata filtrare da una stretta fessura e ciò conferisce a questa bussola la sua estrema accuratezza.

Il suo funzionamento è molto semplice. In pratica, si mette in orizzontale (per esempio tramite una livella a bolla) la struttura su cui è posizionata la bussola, formata da un treppiede dotato di cannocchiale e goniometro di precisione, e si attende che il GPS riceva dai satelliti i dati relativi all'ora e alle coordinate del luogo. Si orienta il sensore elettro-ottico approssimativamente verso il sole e si attende che il microprocessore, dopo aver elaborato i dati, individui la direzione Nord-Sud. È ovviamente necessario che il sole sia visibile anche se solo per pochi secondi, il tempo necessario all'acquisizione della sua posizione. Si punta infine l'oggetto da riguardare e si legge sul display la sua direzione rispetto a quella Nord-Sud. Il tempo utile al primo di una serie di rilevamenti è tipicamente dell'ordine di pochi secondi, mentre il risultato dei rilevamenti successivi è immediato.

Applicazioni e vantaggi

La bussola brevettata dall'ENEA può essere applicata in diversi set-

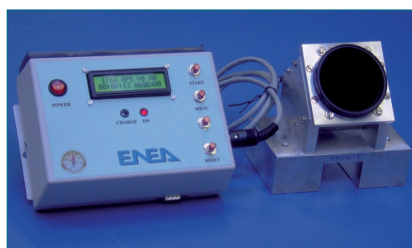


FIGURE 2 The ENEA electronic compass: the microprocessor box (on the left) and the sensitive part (on the right)

North and the geographical North do not coincide, and the difference between them varies over time (even daily). Furthermore, the presence of ferromagnetic materials nearby the compass can significantly influence its mode of operation.

The solar compass can significantly improve the accuracy in the detection of the geographical North. It makes use of the sun's position with respect to the observer and substantially consists of a portable sundial used in the reverse mode: the sundial is rotated until it shows the same time as the watch, so that the local noon line of the sundial exactly indicates the North-South direction. Modern solar compasses are provided with electronics and a GPS (Global Positioning System) in order to know the place and time coordinates with high precision. They also have a built-in electronic system capable of detecting the position of the shadow on the compass dial (i.e., the direction of the sun). This characteristic makes them precise and completely automatic.

The invention

ENEA has patented an electronic solar compass, compact and automatic, less complex but more precise than those currently existing. It detects the sun position by means of an innovative optical system and uses the equations ruling its apparent motion thanks to a simple but accurate algorithm, which can be in operation anywhere on the Planet and provide the North-South direction with a precision of about 1/60 degree. Just as the sundials in churches can achieve the maximum precision since their operation is based on the principle of "camera obscura" (the gnomon consists of a small hole in the church sealing), likewise the ENEA compass dial remains completely dark, except for a light line filtering from a narrow slit, which confers the compass its extreme accuracy. Its operation mode is very simple. In practice, the device is laid horizontally (e.g., using a bubble level), while the GPS receives the time and place coordinates from satellites. The electro-optical sensor is oriented approximately in the sun's direction, then the microprocessor processes the collected data and identifies the North-South direction. Obviously, the sun must be visible even though for a few seconds, that is the time required for its position to be detected. Finally, the object to sight is aimed at and its direc-

tion with respect to the North-South appears on the display. The time required for the first detection is of the order of a few seconds, whereas the result of the subsequent measurements is immediate.

Applications and benefits

The ENEA-patented compass can be applied to a number of sectors and situations: topographical and archeological surveys; civil engineering; 3D reconstruction of scenarios; alignment of photovoltaic and concentrating solar panel; installation of radars in airports; orientation of robots and automated machines; orientation of extraplanetary moving systems; calibration of other compasses.

The accuracy of the direction measurement is only one of the many positives of this device: it is compact (the size of the sensitive part is about $6 \times 6 \times 6 \text{ cm}^3$), its building costs are as low as those of a low-value mobile phone, it is automatically operated, it allows quick detection, it can be operated at any latitude and is insensitive to any interferences due to anomalous magnetic fields or ferrous masses. In some applications as, e.g., the positioning of solar thermodynamic (or concentrating) power plants, the compass allows the mirrors to be oriented with a high level of accuracy and to make their installation easy (and therefore lower-cost), since each orientation anomaly with respect to the design is monitored by the compass and included in the calculation of the mirrors motion. Additionally, in a plant with many mirrors the low cost impact of the ENEA device allows to install a compass on each mirror, so as to ensure that the mirrors are perfectly aligned though having an independent motion system.

Finally, collaboration with private companies is being started to develop a solar compass which can be operated on mobile vehicles, too. This will make the compass even more versatile and compact (almost pocket) and will pave the way to new market's interests, such as naval, aeronautics, etc.

(translated by: Carla Costigliola)

tori e situazioni: nei rilievi per indagini topografiche e archeologiche, nell'ingegneria civile, nella ricostruzione tridimensionale di scenari, nell'allineamento di pannelli fotovoltaici, solari e a concentrazione, nell'installazione di radar aeroportuali, nei sistemi di orientamento di automi (robot, macchine), nell'orientamento di sistemi di movimentazione su altri pianeti, nella taratura di altre bussole.

Oltre all'accuratezza nella misura della direzione, presenta diversi vantaggi tra cui la compattezza (le dimensioni della parte sensibile sono di circa $6 \times 6 \times 6 \text{ cm}^3$), i costi di costruzione contenuti, paragonabili a quelli di un telefono cellulare di fascia bassa, il funzionamento automatico, la velocità di rilevamento, il funzionamento a ogni latitudine e l'insensibilità a interferenze dovute a campi magnetici anomali o a masse ferrose. In alcune applicazioni, come ad esempio il posizionamento degli impianti solari termodinamici, l'uso della bussola consente non solo di raggiungere un'elevata accuratezza di orientamento degli specchi dell'impianto ma anche di semplificarne notevolmente l'installazione (con conseguente riduzione dei costi), perché ogni anomalia di orientamento rispetto al progetto viene monitorata dalla bussola e inclusa nel calcolo della movimentazione degli specchi stessi. In un impianto dotato di numerosi specchi, inoltre, data la bassa incidenza del costo del dispositivo ENEA, si può installare una bussola su ogni specchio, in modo da ovviare alla necessità di allineare perfettamente tutti gli specchi tra di loro e dotandoli di un autonomo sistema di movimentazione.

Infine, è in fase di avvio una collaborazione con aziende private per lo sviluppo di un prototipo di bussola solare in grado di funzionare anche su mezzi mobili. Questo renderà la bussola ancora più versatile e compatta (quasi tascabile) e aprirà nuovi interessi di mercato quali quello navale, aeronautico ecc.



FIGURE 3 The ENEA compass mounted on a theodolite during the measurements performed at Doganella's aquifers in Rocca Priora (Rome), under a collaboration agreement with ACEA

(a cura di Daniela Bertuzzi)