

# Sistema di posizionamento Galileo

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Il **sistema di posizionamento Galileo** (in inglese *Galileo Positioning System*) è un sistema satellitare globale di navigazione civile sviluppato in Europa come alternativa al *Global Positioning System* (NAVSTAR GPS), controllato invece dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti.

La sua entrata in servizio è prevista per il 2014<sup>[1]</sup> e conterà 30 satelliti orbitanti su 3 piani inclinati rispetto al piano equatoriale terrestre e ad una quota di circa 24.000 km.

## Indice

- 1 Caratteristiche
- 2 Storia
- 3 Principi di funzionamento
- 4 Architettura del sistema Galileo
  - 4.1 Il segmento spaziale: la costellazione
    - 4.1.1 Il programma Galileo
    - 4.1.2 GIOVE
      - 4.1.2.1 Satellite GIOVE-A
      - 4.1.2.2 Satellite GIOVE-B
    - 4.1.3 Il satellite finale: Galileo IOV
  - 4.2 Il segmento terrestre: centro di controllo e di missione
  - 4.3 Il segmento utente
  - 4.4 Il segnale Galileo
- 5 I servizi offerti
- 6 Le novità di Galileo
- 7 Classificazione dei servizi
  - 7.1 Open Service (OS)
  - 7.2 Commercial Service (CS)
  - 7.3 Public Regulated Service (PRS) e Safety of Life Service (SoL)
  - 7.4 Search and Rescue Support Service (SAR)
- 8 Note
- 9 Voci correlate
- 10 Altri progetti
- 11 Collegamenti esterni



Kourou 21 Ottobre 2011. Lancio dei primi due satelliti Galileo (PFM, FM2) con Lanciatore Soyuz.

## Caratteristiche

I principali scopi di Galileo sono:

- una maggior *precisione* nella geo-localizzazione degli utenti rispetto a quella attualmente fornita dal GPS;

- un aumento della *copertura* globale dei segnali inviati dai satelliti, soprattutto per le regioni a più alte latitudini ( $> 75^\circ$ );
- un'alta *disponibilità* del segnale nelle aree urbane;
- una certificata *affidabilità*, supportata anche dall'invio del *messaggio di integrità* che avverte immediatamente l'utente di eventuali perdite di integrità nel segnale della costellazione o, viceversa, ne conferma l'esattezza del segnale ricevuto;
- una elevata *continuità* di servizio che, essendo indipendente dagli USA, potrà funzionare sempre e non verrà disattivato senza preavviso (come successo in tempi di guerra per il GPS).

Sebbene il sistema Galileo sia stato pensato per essere completamente indipendente ed autosufficiente, sarà *compatibile* ed *interoperabile* con il sistema GPS; cioè, le caratteristiche di Galileo saranno tali da non interferire con il funzionamento del GPS (principio di *compatibilità*) ed esso potrà anche essere utilizzato congiuntamente con il GPS (principio di *interoperabilità*).

## Storia

Il **programma Galileo** fu avviato ufficialmente il 26 maggio 2003 con un accordo tra l'Unione europea e l'Agenzia Spaziale Europea (ESA). Diversamente dal sistema GPS, sviluppato dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti d'America (che si riserva il diritto di ridurre la copertura del segnale, la sua accuratezza o sospendere del tutto il servizio in qualunque momento), Galileo è rivolto principalmente al settore civile-commerciale mondiale. Il sistema europeo sarà sempre disponibile sia ai civili che ai militari e con la massima accuratezza. Un ritorno economico per le industrie europee si avrà anche con la produzione dei ricevitori Galileo, mentre ora con il GPS il mercato è esclusivamente americano.

Con le difficoltà economiche generali la Commissione europea ha avuto problemi ad assicurare la copertura economica al proseguimento del progetto e ci sono state divisioni tra le nazioni coinvolte. Italia e Francia sono ampiamente favorevoli, mentre altri stati tra cui Germania, Paesi Bassi e Inghilterra preferirebbero continuare ad usare gratuitamente il sistema americano piuttosto che finanziarne uno nuovo. In seguito all'attacco terroristico dell'11 settembre 2001, gli Stati Uniti fecero pressione perché si sospendesse lo sviluppo del progetto europeo.

Pochi mesi dopo, in parte come reazione alla pressione statunitense, tutti i paesi europei si schierarono in favore del progetto Galileo e i finanziamenti divennero più che sufficienti. Rimasero però alcune divisioni su argomenti più prettamente politici.

Per il periodo fino al 2005 la spesa prevista per il progetto è di 1,1 miliardi di euro.

I trenta satelliti previsti verranno messi in orbita a partire dal 2011 con un costo totale stimato in 3 miliardi di euro, comprese le infrastrutture di terra, da realizzarsi tra il 2007 ed il 2008. Almeno due terzi del costo saranno coperti da aziende private ed investitori, mentre la rimanente spesa è suddivisa tra Agenzia Spaziale Europea e Unione Europea.

Nel settembre 2003 la Cina si è unita al progetto apportando un investimento di 230 milioni di euro nei due anni seguenti. Israele è entrato come partner del progetto nel luglio 2004.

Il 3 giugno 2005 l'Unione europea e l'Ucraina hanno iniziato delle trattative per l'adesione di quest'ultima al progetto.<sup>[2]</sup> Ci sono diverse voci sull'adesione di altre nazioni come India, Brasile, Messico, Cile, Giappone, Corea del Sud, Australia, Marocco e Canada, mentre molto probabilmente la Russia potrebbe pensare ad un'integrazione con il suo sistema GLONASS.

Un servizio criptato commerciale a larga banda e alta accuratezza sarà fornito ad un costo aggiuntivo, mentre il servizio di base di Galileo sarà liberamente disponibile a chiunque sia dotato di un ricevitore compatibile. L'Unione Europea si è accordata nel giugno 2004 con gli U.S.A per adottare uno schema di modulazione noto con il nome di *Binary Offset Carrier 1.1* (BOC(1,1)) che permette la trasmissione dei servizi Galileo

sulle stesse frequenze adottate dal GPS americano senza procurare o subire da esso interferenze.

Il 28 dicembre 2005 alle 06:19 (ora centrale europea) dal Cosmodromo di Baikonur (Kazakistan) è avvenuto il lancio del primo satellite del programma: GSTB-V2/A, ribattezzato poi come "GIOVE-A" dal nome attribuito al programma di prova del sistema Galileo, "GIOVE" (dall'inglese, *Galileo In-Orbit Validation Element*).

È previsto il lancio di due satelliti di prova, GSTB-V2/A e GSTB-V2/B (acronimo di *Galileo Satellite Test Bed - Version 2, A e B*), per effettuare prove sulle frequenze radio e sulla stabilità in orbita degli orologi e verranno successivamente affiancati da altri due satelliti che completeranno il sistema di verifica e convalida in orbita di Galileo.

Rispetto a GSTB-V2/A, GSTB-V2/B trasporta in più un ulteriore orologio atomico all'idrogeno e degli amplificatori di potenza del segnale. Il GSTB-V2/B è stato lanciato il 26 aprile 2008 alle 22:16 UTC.

I primi due (dei trenta) satelliti operativi della costellazione sono stati messi in orbita il 21 ottobre 2011 con un vettore russo Soyuz.<sup>[3]</sup>, mentre altri due saranno lanciati entro il 2012, per verificare il sistema Galileo nelle sue strutture di terra e spaziali (fase *In-Orbit Validation*).<sup>[4]</sup>

## Principi di funzionamento

Un sistema di posizionamento globale satellitare (in inglese *Global Positioning System* il cui acronimo *GPS* si è venuto ad identificare col sistema statunitense, il cui nome completo è NAVSTAR GPS) come Galileo è un sistema basato su una costellazione di satelliti artificiali in grado di fornire con estrema precisione le coordinate geografiche (longitudine, latitudine, quota) e la velocità di qualsiasi mezzo fisso o mobile in ogni punto in prossimità della superficie Terra e nell'atmosfera, con continuità temporale.

I sistemi di posizionamento satellitari oggi esistenti sono il GPS statunitense e il GLONASS russo, nati in piena guerra fredda per applicazioni militari e il cui utilizzo civile è ancora oggi, in linea di principio, subordinato alle necessità di impiego militare dei due stati. Per diversi anni, il sistema GLONASS non è stato più mantenuto in perfetta efficienza; pertanto l'unico sistema di posizionamento satellitare disponibile praticamente in tutto il globo terrestre è stato il sistema statunitense GPS (il ripristino del sistema GLONASS è stato una priorità del governo di Vladimir Putin a partire dal 2000 e nell'ottobre 2011 l'intera costellazione orbitale di 24 satelliti con copertura globale è stata ripristinata). Proprio la necessità di rompere il monopolio USA di un servizio su scala globale ha spinto l'Europa a varare Galileo.

Ciascun satellite trasmette continuamente dei segnali codificati contenenti varie informazioni come i dati orbitali, che servono ad un ricevitore satellitare per il calcolo della posizione del satellite stesso (le cosiddette *effemeridi*), ed un riferimento temporale per la determinazione degli istanti esatti di trasmissione dei segnali stessi.

Nel caso in cui il ricevitore satellitare disponesse di un orologio locale perfettamente sincronizzato con quello del satellite in volo che gli irradia il segnale, sarebbe possibile conoscere con esattezza il *ritardo di propagazione* del segnale, ottenendolo dalla misura dell'intervallo di tempo tra il segnale orario (ricevuto nel messaggio inviato e rappresentante il tempo di invio del segnale), e il tempo segnato dall'orologio locale del ricevitore.

Supponendo di misurare tale *ritardo di propagazione* e indicatolo con  $\tau$ , se indichiamo poi con  $R$  la *distanza satellite-ricevitore* (reale) essa risulta pari a

$$R = c\tau$$

dove  $c$  è la velocità della luce.

Il luogo geometrico dei punti nello spazio tridimensionale che soddisfano questa relazione è definito *sfera di posizione* rispetto al satellite, in quanto corrisponde ad una sfera avente come centro la posizione istantanea occupata dal satellite proprio nell'istante di invio del segnale e raggio pari alla distanza misurata  $R$ . Il ricevitore può quindi occupare un generico punto sulla superficie della sfera di posizione.

Avendo a disposizione due satelliti si possono effettuare due misure di distanza dallo stesso ricevitore, individuando così due sfere di posizione che si intersecano in una circonferenza nello spazio tridimensionale; in questo caso il ricevitore si troverà a occupare un generico punto della circonferenza.

Aggiungendo una terza misura si trova un'altra sfera di posizione che, intersecandosi con le due precedenti (o equivalentemente con la circonferenza loro intersezione) fornirà due possibili punti nello spazio tridimensionale per la posizione del ricevitore. L'ambiguità residua tra le due posizioni è facilmente risolvibile notando che uno dei due punti si troverà ad una quota non compatibile l'effettiva presenza del ricevitore e che è possibile scartare con sicurezza, almeno in molte applicazioni.

Geometricamente, disponendo di un quarto satellite, il punto occupato dal ricevitore sarebbe univocamente determinato dall'intersezione delle quattro sfere di posizione.

Quanto detto è vero supponendo che l'utente-ricevitore abbia a disposizione un orologio locale sincronizzato con quello a bordo del satellite; nella realtà, l'orologio del ricevitore è relativamente impreciso.

Questo implica un scostamento temporale  $dt$  (in inglese *time-bias*) tra il tempo segnato dall'orologio del ricevitore e il riferimento temporale a bordo del satellite. Questo scarto temporale crea inevitabilmente un errore di stima della posizione pari a  $cdt$  che rappresenta un'ulteriore incognita insieme alle tre coordinate spaziali del ricevitore e implica necessariamente l'utilizzo di un quarto satellite con un'altra misura della distanza per risolvere il problema.

In effetti, quello che si misura in questo modo con il ricevitore sono quattro *stime* delle quattro distanze reali (in inglese, *range*) dai satelliti e chiamate, coerentemente, *pseudo-distanze* (in inglese, *pseudo-range*,  $Ru$ ) poiché esse differiscono di  $cdt$  dalla rispettiva misura reale.

Analiticamente questa procedura equivale alla risoluzione di un sistema di equazioni non lineare di quattro equazioni in quattro incognite:

$$\sqrt{(x_k - x_u)^2 + (y_k - y_u)^2 + (z_k - z_u)^2} = (Ru_k - cdt)$$

con  $k = 1,2,3,4$  e dove

$Ru_k = c\tau_k$  sono le pseudo-distanze misurate dal ricevitore dai quattro satelliti senza correzione dell'orologio,

$(x_u, y_u, z_u)$  sono le coordinate del ricevitore-utente che insieme a  $cdt$  rappresentano le quattro incognite del sistema,

$(x_k, y_k, z_k)$  sono le coordinate del  $k$ -simo satellite, ricavabili dalle effemeridi trasmesse in ogni singolo segnale captato dal ricevitore.

## Architettura del sistema Galileo

Il sistema Galileo sarà composto da tre sezioni principali, detti genericamente *segmenti*:

- il **segmento spaziale**, detto in inglese **Galileo Space Segment (GSS)**, costituito principalmente dalla

- costellazione dei satelliti;
- il **segmento terrestre**, detto in inglese **Galileo Ground Segment (GGS)**, che include il centro di controllo detto in inglese Ground Control System (GCS), le stazioni remote e l'intera rete di comunicazione;
- il **segmento utente**, detto in inglese **Galileo User Segment (GUS)**.

Le stazioni di monitoraggio ricevono continuamente i segnali emessi da tutti i satelliti della costellazione. I dati raccolti da ciascuna stazione comprendono il segnale di clock del satellite, la sue correzioni rispetto al tempo universale UTC (Universal Time Coordinate), le *effemeridi* del singolo satellite e vari altri segnali di stato.

Le *effemeridi* informano il ricevitore sull'esatta posizione del satellite nello spazio, così che il ricevitore possa conoscere esattamente dove si trova l'origine del segnale che ha ricevuto.

Ogni satellite trasmette le proprie effemeridi ed in aggiunta un *almanacco*, che è un'informazione più generale rispetto a quella contenuta nelle effemeridi, e che riguarda la posizione di *tutti* i satelliti della costellazione Galileo. In tal modo, il ricevitore sa sempre dove e quando ricercare i satelliti nel momento dell'individuazione della posizione.

Una volta raccolti, i dati vengono inviati alla stazione di elaborazione centrale che ha il compito di eseguire tutte le misure necessarie per correggere le informazioni inviate dai satelliti Galileo.

Il centro di controllo effettua una stima dell'orbita e dell'offset d'orologio previsti per ciascun satellite nelle ore successive; quindi le orbite previste vengono parametrizzate ed i dati re-inviati ai satelliti, i quali, a loro volta, inserendoli nei dati di comunicazione che diffondono continuamente (che pertanto sono indicati con *effemeridi trasmesse*, in inglese *broadcast ephemerides*) li comunicheranno agli utenti durante le ore successive.

Gli utilizzatori finali saranno sia civili che militari. Ogni utente sarà dotato di un ricevitore Galileo capace di acquisire i segnali emessi dai satelliti Galileo per stimare il suo posizionamento tridimensionale in tempo reale.

## Il segmento spaziale: la costellazione

Il **segmento spaziale** di Galileo è indicato in inglese come **Galileo Space Segment (GSS)** e comprende una costellazione di 30 satelliti suddivisi in 3 diverse orbite MEO (*Medium Earth Orbit*) ad un'altitudine di circa 23222 km, come illustrato in figura (detta *Walker Constellation 27/3/1*).

Ognuna delle 3 orbite è inclinata di 56° rispetto al piano dell'equatore, il periodo orbitale sarà di circa 14 ore e 4 minuti con periodo di ripetizione della traccia al suolo di 10 giorni.

Di questi 30 satelliti, 27 sono operativi e distribuiti in 9 per ogni piano orbitale, 3 sono poi disponibili per la sostituzione di un satellite mal funzionante in caso di necessità. La scelta di questo tipo di disposizione è stata effettuata per raggiungere il massimo livello di efficienza: infatti, in caso di malfunzionamento di un singolo satellite, si potrà procedere rapidamente al suo rimpiazzo, senza che tale operazione venga fatta lanciandone uno nuovo da Terra, il che avverrebbe plausibilmente in tempi abbastanza lunghi.

Alcune delle caratteristiche principali dei satelliti:

- massa al lancio: circa 700 kg

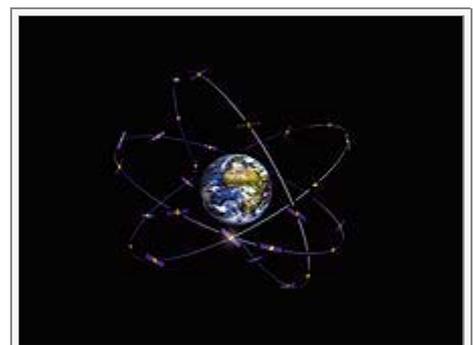


Illustrazione di una costellazione MEO.  
(Foto: ESA)

- consumo di potenza: < 1,6 kW
- dimensioni del corpo principale: stima in 2,7 m × 1,2 m × 1,1 m
- vita media: 12 anni
- TT&C (Tracking, Telemetry & Command): banda S
- ricezione dei dati di missione: banda C
- trasmissione del segnale Galileo di navigazione: banda L.

I collegamenti per la TT&C avvengono attraverso un trasponder trasmissione/ricezione che opera in banda S, con una singola portante in uplink modulata BPSK/PM (2034,747 MHz) e una singola portante downlink modulata BPSK/PM (2209,68 MHz).

I dati di missione (*mission data*) sono inviati dalle stazioni di uplink di terra al satellite in banda C.

I satelliti sono stati studiati per supportare la trasmissione del segnale Galileo verso l'utenza finale fino a quattro portanti poste in banda L.

Le portanti sono modulate mediante la combinazione di un codice a spettro espanso (*spread spectrum*) ottenuta dalla modulazione digitale di una sequenza di codice Pseudo-Random Noise (PRN) unica per ogni satellite con i dati di navigazione. Grazie all'utilizzo del codice PRN i segnali trasmessi dai vari satelliti non interferiscono significativamente tra loro.

Tutti i satelliti operativi trasmetteranno sulle stesse bande di frequenza e, per selezionare i segnali in ricezione, sarà utilizzata la tecnica del **Code Division Multiple Access (CDMA)**.

In ricezione, dato che le sequenze PRN sono *quasi* incorrelate tra di loro, i segnali possono essere separati utilizzando una tecnica CDMA; il ricevitore deve quindi essere in grado di replicare le varie sequenze PRN oltre alle frequenze portanti.

I satelliti, oltre a fornire un servizio di *timing*, devono trasmettere il *segnale Galileo* di navigazione in banda L; questi segnali vengono generati a bordo in banda base nell'unità elettronica designata col nome (in inglese) di **Navigation Signal Generation Unit (NSGU)**, e che rappresenta il cervello di elaborazione del segnale Galileo su ogni satellite della costellazione. L'NSGU riceve in ingresso i dati di navigazione trasmessi da terra dal *Galileo Control System (GCS)* (tipicamente attraverso degli uplink diretti in banda C o in caso di degradazione del sistema, indirettamente attraverso la banda S usata per TT&C), e li combina opportunamente con i codici PRN (anch'essi generati a bordo dalla NSGU) secondo il riferimento temporale derivato dal clock atomico attivo sul singolo satellite.

Il sistema avrà anche la possibilità di diffondere, secondo un determinato ordine di priorità, i cosiddetti messaggi d' *integrità*, ricevuti sotto forma di pacchetti ricevuti sia dal canale Galileo (globale) o da canali esterni (regionali) (fino a 5, detti *ERIS* da *External Region Integrity Service*). I pacchetti di integrità ricevuti a bordo del satellite sono incorporati dalla NSGU dentro le trame del segnale di navigazione senza subire alcuna manipolazione, e di conseguenza sono trasmessi agli utenti del sistema Galileo in tempo reale.

Il sistema è capace di funzionare gestendo una vasta gamma di velocità di trasmissione dati (trasmettendo data messages), da un minimo di 50 sps fino a 1000 sps (sps = symbol per seconds).

Le possibilità di impiego dei messaggi trasmessi diventano quindi molteplici ed offrono una nuova serie di servizi sconosciuti al sistema GPS; nella tabella seguente vengono illustrate alcune prospettive a riguardo.

Informazioni aggiuntive per Applicazioni di Sicurezza	Informazioni aggiuntive per Applicazioni Commerciali
Informazioni sulla disponibilità del servizio	Aggiornamenti alle mappe
Messaggi di ricerca e soccorso	Aggiornamenti temporanei alle mappe (traffico,

Informazioni meteorologiche	deviazioni...)
Avvisi d'incidente	Punti d'interesse (distributori, alberghi...)

Per quanto riguarda l'accuratezza del sistema esistono differenti fonti di incertezza che possono essere raggruppate in tre principali categorie:

- *Dilution of Precision (DOP)*
- *effetti di segnale*
- *User Equivalent Range Error (UERE)*.

Per *DOP* si intende la misura di quanto l'orbita dei satelliti segua quella ideale, mantenendo valido il modello geometrico di riferimento.

L'*effetto di segnali* altera la capacità di valutare con precisione il timing degli stessi.

L'*UERE* deriva da una predizione imprecisa nel determinare l'orbita del satellite e la sincronizzazione temporale (ODTS), inoltre da una previsione non precisa dell'effetto multipath, il quale introduce ritardi e distorsione nei segnali trasmessi. Questi ultimi, grazie ad un sistema di controllo terrestre, possono essere ridotti ad un errore inferiore ai 65 centimetri.

## Il programma Galileo

Il *programma Galileo* si articola in tre fasi:

- **fase di progetto e sviluppo**, comprendente la definizione, lo sviluppo e la validazione in orbita di 2-4 satelliti e di alcune delle principali basi di controllo a terra;
- **fase di validazione in orbita**, che prevede il completamento della costellazione e del segmento di terra;
- **fase commerciale**, con la piena operatività del sistema.

La fase di definizione completata nel 2003, ha prodotto le specifiche base del sistema. La fase di validazione verrà portata a termine con lo sviluppo ed il testing di quattro satelliti e del segmento di terra (ground stations e control center).

Per prima cosa, verrà portata a termine la *missione GIOVE* (dall'inglese, **Galileo In-Orbit Validation Element**), la quale impiegherà oltre al segmento di terra due satelliti denominati GIOVE-A e GIOVE-B (che diventeranno poi quattro nella fase finale di detta **IOV**, dall'inglese **In-Orbit Validation**) i quali implementano in modo pienamente rappresentativo l'intera costellazione di 30 satelliti.

Quando i satelliti risulteranno del tutto funzionanti, verranno lanciati i restanti 26 satelliti per completare la costellazione.

## GIOVE

Nel 2002 in preparazione del completamento di GALILEO, l'ESA ha avviato la missione GIOVE (*Galileo In-Orbit Validation Element*) al fine di effettuare esperimenti utili al futuro sviluppo del sistema e migliorare le capacità tecniche delle aziende coinvolte. Al momento, sono stati introdotti due satelliti, GIOVE-A e GIOVE-B, e il relativo segmento di terra. Questo progetto ha portato ad un grande progresso nella tecnologia spaziale europea, ottenendo obiettivi mai raggiunti prima quali l'utilizzo di un'orbita MEO per satelliti di navigazione, la messa a punto di orologi mai così precisi e la sperimentazione di nuovi sistemi di trasmissione e trattamento di segnali e di navigazione.

### Satellite GIOVE-A

Il satellite è stabilizzato su tre assi. Ha un corpo di forma cubica di dimensioni 1,3 x 1,8 x 1,65 m, con una massa al lancio di 600 kg. Due ali di pannelli solari, lunghe 4,54 m ciascuna, soddisfano la richiesta di 700 W di potenza. La propulsione utilizza due bombole di butano da 25 kg.

Il carico utile è tre volte ridondante e comprende un'antenna *phased array* in banda L; due orologi atomici al rubidio con una precisione di  $10^{-8}$  s al giorno; dei rilevatori per la misura delle radiazioni in orbita; il ricevitore di navigazione e, infine, l'unità di generazione del segnale di navigazione (NSGU).

GIOVE-A è stato lanciato alle 05:19 UTC del 28 dicembre 2005 dal cosmodromo di Baikonur, con l'utilizzo di un lanciatore Sojuz-FG.



Giove-A. (Foto: ESA)

### Satellite GIOVE-B

Stabilizzato su tre assi, il satellite ha un corpo di dimensioni 0,95 x 0,95 x 2,4 m e una massa al lancio di 530 kg. I pannelli solari, la cui lunghezza d'ala è di 4,34 m, forniscono 1100 W di potenza. La propulsione avviene tramite un motore ad idrazina alimentato da una bombola di 28 kg.

Il carico utile è doppiamente ridondante e comprende un'antenna *phased array* in banda L, come il suo predecessore; due orologi atomici al rubidio e uno all'idrogeno, al momento il più affidabile mai installato su un satellite<sup>[5]</sup>, con una precisione di  $10^{-9}$  s al giorno, un monitor per la misura delle radiazioni in orbita e, infine, l'unità di generazione del segnale di navigazione (NSGU).

Il lancio di GIOVE-B è avvenuto il 27 aprile 2008 alle ore 00.16 (orario italiano) dalla base russa di Baikonur (Kazakhstan) con un lanciatore Sojuz-FG/Fregat.



Giove-B. (Foto: ESA)

### Il satellite finale: Galileo IOV

Alla fine della fase *IOV* (In-Orbit Validation), come già accennato, ci sarà il completamento dell'intera costellazione di satelliti. La fase IOV prevede la messa in orbita dei primi 4 satelliti della costellazione (formata da 30 satelliti).

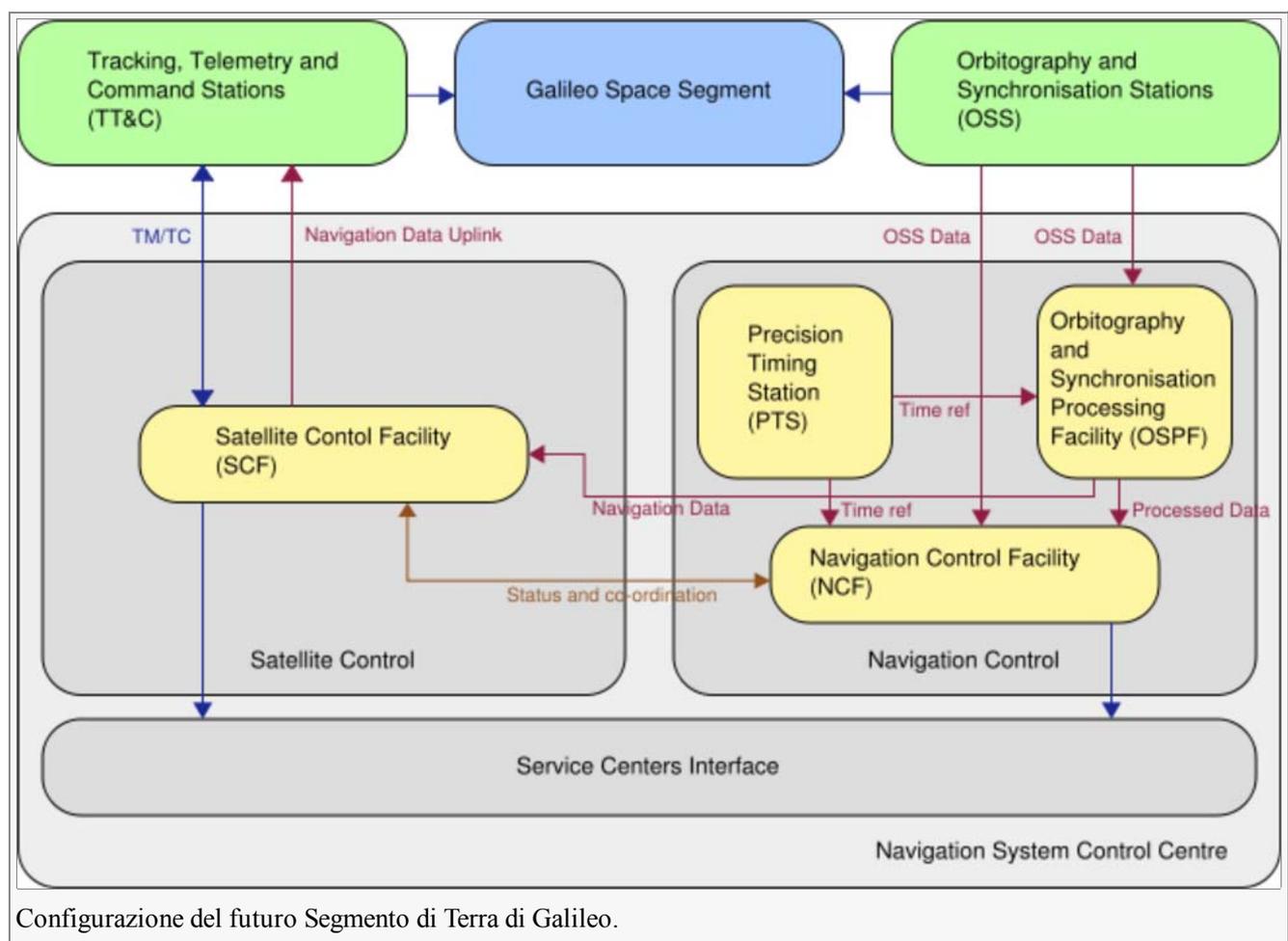
Il 21 Ottobre 2011, dal Centre Spatial Guyanais di Kourou (Guyana Francese), alle 7.30 ora locale, sono stati

messi in orbita i primi due satelliti (Proto Flight Model e Flight Model 2) del sistema Galileo con lanciatore Soyuz. Il lancio, previsto per il giorno precedente (20 Ottobre ore 7.34), è stato posticipato a causa di una anomalia osservata durante la fine del riempimento con propellente del terzo stadio del lanciatore. La società russa Soyuz, ha quindi deciso di rinviare il lancio al giorno seguente.<sup>[6]</sup>

La campagna di lancio GALILEO IOV-1 ha rappresentato uno storico evento per la comunità spaziale europea.<sup>[7]</sup>

Per la prima volta infatti, il lanciatore russo Soyuz è partito da un sito diverso da quelli del Cosmodromo di Bajkonur e del Cosmodromo di Pleseck entrambi all'interno del territorio russo.

## Il segmento terrestre: centro di controllo e di missione



Da un punto di vista logico-funzionale, il **segmento terrestre** del sistema Galileo, in inglese **Galileo Ground Segment (GGS)**, è diviso in due ulteriori sotto-sistemi:

- il *segmento di controllo*, detto in inglese **Ground Control Segment (GCS)**;
- il *segmento di missione*, detto in inglese **Ground Mission Segment (GMS)**.

Le funzioni che dovranno svolgere queste due sotto-sezioni sono rispettivamente:

- il controllo ed il monitoraggio dei satelliti, che avverrà attraverso una serie di stazioni di controllo, telemetria e comando (in inglese *Telemetry, Tracking & Control, TT&C*);
- il controllo di missione, che prevederà tutta quella serie di operazioni necessarie per determinare

l'orbita dei satelliti, per il monitoraggio del timing, e per la determinazione e diffusione attraverso i satelliti delle informazioni d'integrità.

La struttura del GGS è quindi composta da:

- un centro direzionale, detto in inglese *Navigation System Control Center (NSCC)* o più comunemente *Galileo Control Centre (GCC)*;
- un sistema supervisore dei servizi di integrità e navigazione, indicato con *Mission Control Facility (MCF)*;
- un controllore di mescolamento in un singolo flusso dei dati generati nell'GCC (*multiplexing*), detto *Message Generation Facility (MGF)*;
- una rete globale di stazioni di controllo dell'orbita e di sincronizzazione, in inglese *Orbitography & Synchronisation Processing Facility (OSPF)*;
- una serie di stazioni di controllo, telemetria e comando dei satelliti (in inglese *Telemetry, Tracking & Control, TT&C*) che vanno sotto il nome di *Satellite Control Facility (SCF)*;
- una rete di stazioni per le trasmissioni verso i satelliti, dette *Up-Link Station (ULS)*.
- un riferimento temporale stabile ed affidabile, realizzato nella *Precision Timing Facility (PTF)*;
- un controllore in tempo reale di tutti gli elementi del segmento terrestre, detto *Ground Assets Control Facility (GACF)*;
- un centro che si occupa della gestione e della distribuzione delle chiavi di sicurezza per i servizi ad accesso controllato, detto *Key Management Facility (KMF)*;
- un'interfaccia che gestisce la comunicazione con le entità esterne che scambiano traffico con il GCC, detto *Service Product Facility (SPF)*.

Ogni OSS effettua delle misurazioni che vengono inviate al NSCC assieme alle informazioni di navigazione provenienti dai satelliti, a informazioni meteorologiche ed altri dati.

All'interno dell'NSCC, il centro di controllo dei satelliti (SCF) effettua la manutenzione dei satelliti, controlla le orbite, oltre ad inviare le informazioni di telemetria e controllo tramite le stazioni TT&C. L'NSCC comprende anche un centro per l'elaborazione delle informazioni di orbita e sincronizzazione (OSPF); un centro (PTS) deputato alla fornitura di un riferimento temporale per l'intero sistema (*Galileo System Time*); un centro di controllo globale della navigazione (NCF).

L'OSPF si occupa di calcolare le effemeridi per ogni satellite e lo scarto temporale degli orologi a bordo, effettuando poi una predizione di questi parametri per generare il cosiddetto *SISA* (signal in-space accuracy), una stima dell'accuratezza raggiunta dagli strumenti in orbita.

L'NCF, infine, si occupa di controllare, monitorare e gestire OSPF, OSS e PTS. Esiste inoltre un'interfaccia esterna al sistema che si occupa di gestire la comunicazione con entità esterne detta *Service Centres Interface*.

Il segmento spaziale e quello di terra costituiscono il cosiddetto *Galileo Global Component* in quanto sono previste anche delle regioni locali dette *External Region Component*.

## Il segmento utente

Gli utenti finali del sistema Galileo disporranno di una vasta gamma di terminali riceventi in funzione dei segnali diffusi dai satelliti e relativi ai diversi servizi di base offerti (vedi classificazione dei servizi). Sono previsti anche ricevitori in grado di lavorare contemporaneamente con i segnali di Galileo e GPS, capaci quindi di sfruttare in pieno l'inter-operabilità dei due sistemi conseguendo delle prestazioni migliori rispetto a quelle ottenibili tramite l'uso di un solo sistema. Un'ulteriore tipologia di ricevitore sarà richiesta per il servizio SAR.

## Il segnale Galileo

I satelliti del sistema Galileo trasmettono tutti un segnale strutturato che si propaga verso l'utente finale attraverso lo spazio e l'atmosfera (per questo è detto, in inglese, *Signal In Space*, con acronimo *SIS*); i segnali sono trasmessi mediante 3 diverse portanti, cui corrispondono 3 bande diverse che corrispondono alle omonime portanti, e che sono denominate rispettivamente con:

- **E5**
- **E6**
- **L1** (indicata anche E2-L1-E1)

Le bande occupate da questi segnali sono esattamente:

- 1164-1215 MHz per E5, cioè ad una frequenza portante di 1191.795 MHz e larghezza di banda trasmessa di 92.07 MHz;
- 1260-1300 MHz per E6, cioè ad una frequenza portante di 1278.750 MHz e larghezza di banda trasmessa di 40.92 MHz;
- 1559-1591 MHz per L1, cioè ad una frequenza portante di 1575.420 MHz e larghezza di banda trasmessa di 40.92 MHz;

Per tutte le bande, la polarizzazione utilizzata è la circolare destra (in inglese, *Right Hand Circular Polarisation*, *RHCP*).

Da notare la sovrapposizione della banda L1 di Galileo con la stessa del GPS e ancora quella tra E5-A ed L5 del GPS; queste bande sono parzialmente sovrapposte per garantire l'inter-operabilità tra i due sistemi. Infatti, i tipi di modulazione usati rendono i due sistemi a tutti gli effetti compatibili e il fatto che la frequenza centrale della banda sia la stessa garantisce all'utente finale l'accesso a entrambi i sistemi con un minimo incremento della complessità/costo del ricevitore.

I 3 segnali sono suddivisi in 10 canali indicati come E5A-I, E5A-Q, E5B-I, E5B-Q, E6A, E6B, E6C, L1A, L1B, L1C e le cui caratteristiche sono elencate qui di seguito.

I 3 canali di E6 e i 3 canali di L1 sono combinati per mezzo della tecnica di modulazione nota come **CASM** (*Coherent Adaptive Subcarrier Modulation*).

### **E5A-I**

Tipo di modulazione: ALTBOC(15,10) come gli altri 3 canali di E5

Chip-rate: 10.23 Mchips/s

Symbol-rate: 50 sps

Periodo del codice primario: 10230 chips

Periodo del codice secondario: 20 chips

Dato di navigazione: Open Service (OS)

### **E5A-Q**

Tipo di modulazione: ALTBOC(15,10) come gli altri 3 canali di E5

Chip-rate: 10.23 Mchips/s

Symbol-rate: 0 sps (canale pilota)

Periodo del codice primario: 10230 chips

Periodo del codice secondario: 100 chips

Dato di navigazione: nessuno

### **E5B-I**

Tipo di modulazione: ALTBOC(15,10) come gli altri 3 canali di E5

Chip-rate: 10.23 Mchips/s

Symbol-rate: 250 sps

Periodo del codice primario: 10230 chips

Periodo del codice secondario: 4 chips

Dato di navigazione: Safety of Life (SoL)

### **E5B-Q**

Tipo di modulazione: ALTBOC(15,10) come gli altri 3 canali di E5

Chip-rate: 10.23 Mchips/s

Symbol-rate: 0 sps (canale pilota)

Periodo del codice primario: 10230 chips

Periodo del codice secondario: 100 chips

Dato di navigazione: nessuno

### **E6A**

Tipo di modulazione: BOC(10,5)

Chip-rate: 5.115 Mchips/s

Symbol-rate: 110 sps

Periodo del codice primario: classificato

Periodo del codice secondario: classificato

Dato di navigazione: Public Regulated Service (PRS)

### **E6B**

Tipo di modulazione: BPSK(5)

Chip-rate: 5.115 Mchips/s

Symbol-rate: 1000 sps

Periodo del codice primario: 5115 chips

Periodo del codice secondario: nessuno

Dato di navigazione: Commercial Service (CS)

### **E6C**

Tipo di modulazione: BPSK(5)

Chip-rate: 5.115 Mchips/s

Symbol-rate: 0 sps (canale pilota)

Periodo del codice primario: 10230 chips

Periodo del codice secondario: 50 chips

Dato di navigazione: nessuno

### **L1A**

Tipo di modulazione: BOC(15,2.5)

Chip-rate: 2.5575 Mchips/s

Symbol-rate: 110 sps

Periodo del codice primario: classificato

Periodo del codice secondario: classificato

Dato di navigazione: Public Regulated Service (PRS)

### **L1B**

Tipo di modulazione: BOC(1,1)

Chip-rate: 1.023 Mchips/s

Symbol-rate: 250 sps

Periodo del codice primario: 4092 chips

Periodo del codice secondario: nessuno

Dato di navigazione: Safety of Life (SoL)

### **L1C**

Tipo di modulazione: BOC(1,1)

Chip-rate: 1.023 Mchips/s

Symbol-rate: 0 sps (canale pilota)

Periodo del codice primario: 4092 chips

Periodo del codice secondario: 25 chips

Dato di navigazione: nessuno

## I servizi offerti

Il sistema Galileo è stato concepito come una applicazione nucleo sopra alla quale ogni altra applicazione deve essere implementata. L'impiego di Galileo riguarda una serie di servizi integrati: può spaziare dall'utilizzo nel campo dei trasporti (aerei, su rotaia, marittimi, stradali, pedonali), al sincronismo, alla sorveglianza, come supporto alla legge, per applicazioni ingegneristiche, scientifiche, ambientali ed anche ricreative. Il suo influsso condizionerà anche aziende nel settore bancario, energetico, assicurativo, delle telecomunicazioni, del turismo e agricolo.

Galileo nasce per essere un sistema di navigazione da applicare nel campo dei trasporti ed è stato progettato per soddisfare le molteplici necessità dei vari segmenti di utenza presenti nel mercato; in campo avionico l'avvento del GNSS (Global Navigation Satellite System) porterà alla possibilità di effettuare senza nessun rischio manovre critiche quali atterraggi e decolli anche in condizioni di scarsissima visibilità, portando ad una progressiva riduzione dei sistemi di controllo terrestri.

In campo marittimo porterà allo sviluppo dell'AIS (Automated Identification System) il quale aumenterà la sicurezza nella navigazione. Le applicazioni per quanto riguarda il traffico su strada sono tantissime ma la più interessante riguarda gli Advanced Driver Assistance Systems, sistemi ad alta automazione integrati in autoveicoli per permettere il controllo delle collisioni, aumentare la visibilità e consentire delle manovre automatizzate a basse velocità.

Grazie alle sue caratteristiche certificate, ed ai servizi garantiti (dalla sua natura per usi civili) è adatto a tutte le applicazioni safety-of-life, dedicate cioè a servizi che devono assicurare un'elevata affidabilità per evitare possibili danni a cose o persone.

Per quanto riguarda il **settore energetico**, l'uso di orologi atomici può facilitare la sincronizzazione delle linee elettriche facilitando la trasmissione di energia elettrica, può inoltre monitorare le linee e quindi velocizzare il processo di manutenzione delle stesse. Esistono dei benefici anche per il settore del petrolio e del gas.

Sempre grazie agli orologi atomici i satelliti possono rilasciare dei data-stamps in modo tale da autenticare transazioni finanziarie effettuate via web. Per le agenzie di assicurazioni Galileo diventa un modo per monitorare e controllare lo stato di beni introducendo un prezzo dinamico basato sul rischio associato per ogni singola polizza. Le banche invece possono monitorare il trasporto di oro, banconote e preziosi in genere, aumentando i propri standard di sicurezza.

Per quanto riguarda la **sicurezza dei cittadini**, è in atto un progetto per la realizzazione di un numero di emergenza europeo l'*E-112*, questo potrà contare su Galileo per tracciare la posizione di persone in difficoltà. Durante situazioni di crisi, dove la velocità di azione è fondamentale, avere la possibilità di conoscere esattamente la posizione precisa del luogo in cui intervenire è di vitale importanza, basti pensare ad incendi, inondazioni, terremoti.

Galileo sarà un valido alleato della comunità scientifica dato che la precisa definizione delle coordinate permetterà anche di creare accurate mappe oceaniche e dei territori ghiacciati, fornire dettagliati valori dei livelli delle maree e dei livelli dei fiumi, effettuare il tracking di iceberg e molti altri compiti di grandissima importanza.

## Le novità di Galileo

Le differenze con il GPS sono molteplici, queste riguardano sia la struttura dei satelliti stessi che soprattutto i servizi offerti. Le applicazioni ed i servizi appena elencati richiedono delle caratteristiche particolari e purtroppo molte di queste mancano all'attuale sistema GPS.

Un esempio dell'innovazione introdotta da GALILEO riguarda l'affidabilità nella garanzia del servizio, l'autenticazione del segnale, l'integrità, la trasparenza delle operazioni, la possibilità di trattare dati raw o processati, l'accuratezza e l'affidabilità del sistema.

Oltre a tutte queste caratteristiche, Galileo Supervisory Authority e Galileo Concessionaire daranno luogo ad un framework istituzionale con il compito di regolare e facilitare lo sfruttamento di Galileo a livello del mercato globale. Le applicazioni che nascono ogni giorno sono moltissime e questo enorme mercato è destinato a raggiungere 3 miliardi di utenti entro il 2020.

## Classificazione dei servizi

Sono quattro i servizi principali che Galileo offrirà:

- Open Service (OS)
- Commercial Service (CS)
- Public Regulated Service (PRS)
- Safety of Life Service (SoL)

più un sottoservizio

- Search and Rescue Support Service (SAR)

nell'ambito del SoL.

### Open Service (OS)

L'**Open Service (OS)**, o *servizio base*, che fornirà servizi di posizionamento, temporizzazione e navigazione accessibili *gratuitamente* a chiunque, quindi rivolto al mercato di navigazione di massa (applicazioni per il pubblico ed a servizi di interesse generale). Esso sarà in concorrenza diretta col sistema statunitense GPS e le sue future evoluzioni. I ricevitori predisposti consentiranno un'accuratezza inferiore ai 4 metri orizzontalmente e 8 metri verticalmente. L'OS non offrirà però alcun servizio di integrità.

### Commercial Service (CS)

Il **Commercial Service (CS)**, o *servizio commerciale*, che sarà un servizio criptato e consentirà, dietro pagamento, di avere un'accuratezza inferiore al metro; ciò si configurerà come un valore aggiunto all'OS. Il CS potrà essere completato da stazioni a terra per portare l'accuratezza ad un valore inferiore ai 10 cm. Esso offrirà anche servizio garantito di *ranging* e *timing* per usi professionali. L'accesso sarà controllato a livello del ricevitore mediante l'uso di chiavi.

### Public Regulated Service (PRS) e Safety of Life Service (SoL)

Il **Public Regulated Service (PRS)** e il **Safety of Life Service (SoL)** [*servizio governativo* e *servizio vitale*, rispettivamente] anch'essi criptati, offriranno un'accuratezza comparabile con il servizio Open Service. Il loro scopo principale è la robustezza contro i disturbi e il rilevamento affidabile dei problemi entro 10 secondi. Sono specificatamente progettati, rispettivamente, per operatori di sicurezza (polizia, militari, ecc) dell'Unione Europea e degli stati membri e applicazioni strategiche per la sicurezza nei trasporti aerei, marittimi e ferroviari (controllo del traffico aereo, atterraggio automatizzato di velivoli, guida dei treni, navigazione di navi, ecc). Il PRS permetterà lo sviluppo di applicazioni protette nell'Unione Europea e potrà essere un importante strumento per migliorare i mezzi usati dall'UE per lottare contro le esportazioni illecite e l'immigrazione clandestina. Il SOL garantirà anche l'*integrità (Integrity)* e l'*autenticazione (Authentication)*, ma solo su richiesta dell'utente. Questi servizi richiedono l'uso di ricevitori più sofisticati rispetto all'OS.

## Search and Rescue Support Service (SAR)

Un ulteriore sottoservizio offerto sarà il **Search and Rescue Support Service (SAR)**, o *servizio di ricerca e salvataggio*, che fornirà assistenza al sistema COSPAS-SARSAT per la gestioni di allarmi e la localizzazione di utenti in pericolo al fine di assistere le operazioni di soccorso. Il SAR verrà usato rilevando radiofari di emergenza (*Emergency Beacons*) e rispondendo ad essi con degli opportuni messaggi di risposta (*Return Link Messages*) nel contesto del messaggio del SoL.

Il sistema COSPAS-SARSAT attualmente disponibile assicura però una copertura limitata, un tempo di attesa elevato (dell'ordine dell'ora), una localizzazione approssimativa (nel raggio di 5 km) e infine spesso inoltra informazioni errate. Il sottoservizio SAR in Galileo migliorerà sensibilmente le prestazioni garantendo una copertura effettivamente planetaria, una ricezione quasi in tempo reale del segnale di soccorso (10 minuti di ritardo massimo) ed una localizzazione precisa del vettore che richiede soccorso (nell'ordine di alcuni metri); in tal modo i servizi di salvataggio saranno in grado di avviare rapidamente e in maniera più efficace le operazioni di recupero.

Parametro	OS	CS	SOL	PRS
<b>Copertura</b>	Globale	Globale	Globale	Globale
<b>Precisione di posizionamento [orizzontale (H) e verticale (V)]</b>	15m (H) – 35m (V) (single frequency) 4m (H) – 8m (V) (dual frequency)	15m (H) – 35m (V) (single frequency) 4m (H) – 8m (V) (dual frequency)	4m (H) – 8m (V) (dual frequency)	15m (H) – 35m (V) (single frequency) 6,5m (H) – 12m (V) (dual frequency)
<b>Precisione di timing</b>	30 ns	30 ns	30 ns	30 ns
<b>Disponibilità</b>	99,5 <span> </span> %	99,5 <span> </span> %	99,5 <span> </span> %	99,5 <span> </span> %
<b>Integrità</b>	NO	NO	SÌ	SÌ
<b>Tipologia di accesso</b>	Libero	Controllato (Ranging Code, Nav. Data Mess.)	Controllato (Nav. Data Mess.)	Controllato (Ranging Code, Nav. Data Mess.)
<b>Certificazione e garanzia del servizio</b>	NO	Possibile	SÌ	SÌ

## Note

- ↑ http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/galileo/index\_en.htm
- ↑ (DE, EN, FR) Notizia della partecipazione dell'Ucraina al progetto sul sito dell'Unione Europea (http://europa.eu/rapid/pressReleasesAction.do?reference=IP/05/666&format=HTML&aged=0&language=EN&guiLanguage=en)
- ↑ Sfida (civile) al Gps (http://oggiscienza.wordpress.com/2011/10/21/sfida-civile-al-gps/)
- ↑ Programma Galileo (http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC\_galileo\_0.html) dal sito dell' European Space Agency
- ↑ (EN) Specifiche di GIOVE-B (http://www.giove.esa.int/page\_index.php?menu=103&page\_id=36) dal sito della missione GIOVE.
- ↑ Galileo, rinvio lancio satelliti Gps Europa per problemi vettore Soyuz (http://www.pianetatech.it/hardware/curiosita/galileo-rinvio-lancio-satelliti-gps-europa-problema-vettore-soyuz.html) .
- ↑ Soyuz, un lancio storico (http://www.lescienze.it/archivio/multimedia/2011/09/20/foto/soyuz\_un\_lancio\_storico-549707/1/#1) .

## Voci correlate

- Global Positioning System
- GLONASS
- EGNOS
- Agenzia Spaziale Europea
- Unione europea
- Reti di trasporto Trans-Europee

## Altri progetti

-  **Wikimedia Commons** contiene file multimediali su **Sistema di posizionamento Galileo**

## Collegamenti esterni

- **(EN, DE, FR)** Sito del progetto ([http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/enterprise/policies/satnav/index_en.htm))
- **(EN)** Galileo joint undertaking (<http://www.galileoju.com/page.cfm?voce=m&idvoce=301&plugIn=1>)
- **(EN)** Articolo dell'ESA ([http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC\\_galileo\\_0.html](http://www.esa.int/esaNA/GGGMX650NDC_galileo_0.html))
- **(EN)** Informazioni sull'adesione di nazioni extra-europee (<http://nww1.com/news/2004/0714israesigns.html>)



**Portale Astronautica**



**Portale Unione europea**

Categorie: Reti satellitari | Radionavigazione | Strumenti di navigazione | Agenzia Spaziale Europea | Unione europea | Organizzazioni europee

- 
- Ultima modifica per la pagina: 17:35, 9 gen 2012.
  - Il testo è disponibile secondo la licenza Creative Commons Attribuzione-Condividi allo stesso modo; possono applicarsi condizioni ulteriori. Vedi le condizioni d'uso per i dettagli. Wikipedia® è un marchio registrato della Wikimedia Foundation, Inc.