

# GALILEO QUALE INFRASTRUTTURA EUROPEA PER LA NAVIGAZIONE ORIENTATA AI SERVIZI

di Marco Lisi

CON I QUATTRO SATELLITI IN ORBITA, LANCIATI IN COPPIA NELL'OTTOBRE 2011 E NELL'OTTOBRE 2012 DALLA GUIANA FRANCESE, IL PROGETTO GALILEO HA APPENA COMPLETATO CON SUCCESSO LA FASE DI VALIDAZIONE IN ORBITA.



I segmenti spaziale, di terra e di utente di Galileo sono stati qualificati attraverso una serie approfondita di prove a terra ed in orbita riguardanti le prestazioni del sistema e le sue capacità operative, in una configurazione ridotta ma rappresentativa di quella finale.

L'architettura di sistema nella fase di validazione in orbita ("In-Orbit Validation", IOV) è stata concepita come una configurazione intermedia prima della configurazione FOC ("Full Operational Capability"), cioè del sistema completo, costituito da 24 satelliti (più 6 satelliti "spare"), di due centri di controllo e di stazioni remote distribuite su tutta la superficie terrestre.

Avendo validato attraverso la fase IOV il progetto complessivo, si può ora procedere al completamento progressivo del sistema, fino a raggiungere la piena capacità (FOC).

## IL SISTEMA GALILEO IN SINTESI

Galileo è un'iniziativa congiunta della Unione Europea e dell'Agenzia Spaziale Europea ed è attualmente il sistema orientato ai servizi più am-

bizioso e tecnologicamente avanzato che sia sviluppato in Europa.

È un sistema di navigazione satellitare completamente sotto controllo civile ed ha lo scopo di distribuire su scala globale segnali radio per la localizzazione, la navigazione e la sincronizzazione del tempo.

Galileo si basa su una costellazione di 24 satelliti (più 6 satelliti di riserva a terra o in orbita), una rete mondiale di stazioni di terra e su vari centri di controllo, dedicati al controllo della costellazione, alla gestione della missione ed alla verifica continua delle prestazioni (Fig. 1).

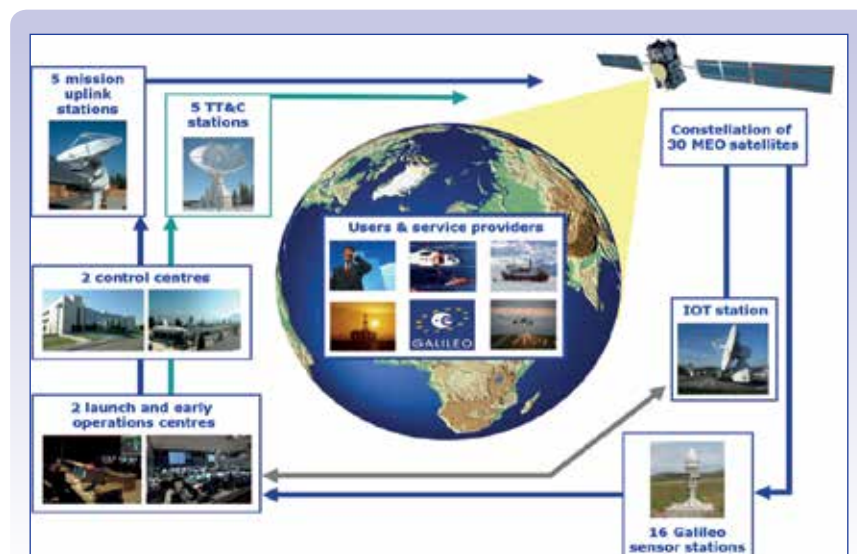


Fig. 1 - L'architettura del sistema Galileo

In questa logica, si possono identificare quattro fasi fondamentali:

- 1 La già citata fase IOV ("in-Orbit Validation"), per sviluppare un nucleo rappresentativo del sistema e validare le prestazioni finali;
- 2 La fase di "Initial Operational Capability" (IOV), che include gli "Early Services", durante la quale si cominceranno a fornire servizi limitati ma garantiti, allo scopo di promuovere lo sviluppo di dispositivi e ricevitori dedicati a Galileo, applicazioni "downstream", e progetti pilota ("Pilot Projects") in ambito governativo da parte di Stati Membri dell'Unione;
- 3 La fase FOC ("Full Operational Capability"), con il completamento del sistema fino alla sua configurazione definitiva;
- 4 La fase pienamente operativa e di fornitura dei servizi.

Le fasi di definizione, sviluppo e di IOV di Galileo sono state portate avanti dall'Agenzia Spaziale Europea (ESA) e cofinanziate dall'ESA e dalla Commissione Europea.

Le fasi IOC ed FOC sono completamente finanziate dall'Unione Europea e gestite a livello programmatico dalla Commissione Europea (EC).

EC ed ESA hanno firmato un "delegation agreement" per il quale l'ESA svolge le funzioni di "System Prime" e di "procurement agent" per conto della Commissione Europea.

**RISULTATI PRELIMINARI DELLA FASE IOV**

Con il secondo lancio e la messa in orbita del terzo e quarto satellite della costellazione, ad ottobre 2012, si è raggiunto il numero minimo di satelliti necessario per poter determinare la posizione ("Position Fix"), ovviamente solo durante alcune specifiche finestre temporali, durante le quali tutti e quattro i satelliti sono visibili dalla stazione di misura.

Il primo "Position Fix" con i satelliti Galileo è avvenuto il 12 marzo 2013 (Fig. 3) e da allora è cominciata la trasmissione continua del messaggio di navigazione.

Successivamente, il 16 aprile è cominciata la disseminazione attraverso il messaggio di navigazione dell'errore fra il "Galileo System Time" (GST) e il Tempo Universale Coordinato (UTC), errore che si è mantenuto da allora entro i 5 nanosecondi (figura 4); il 22 aprile è invece stato aggiunto l'offset fra il tempo GPS ed il tempo Galileo ("GPS to Galileo Time Offset", GGTO),



Fig. 2 - Sviluppo incrementale del sistema Galileo

che facilita la possibilità da parte di un ricevitore di usare i satelliti Galileo in combinazione con quelli GPS.

Nel corso dei primi nove mesi del 2013 sono state condotte tutte le prove previste dalla fase di validazione in orbita. La campagna di misure è stata completata ad ottobre 2013, con risultati molto incoraggianti, pienamente in accordo con le aspettative ed in alcuni casi anche migliori di esse.

E' da notare per esempio l'accuratezza media del posizionamento ottenibile con le due frequenze E1 ed E5a del segnale Open Service, che è di 8 metri in orizzontale e di 10 metri in verticale. Tutto questo ottenuto con soli quattro satelliti e con una rete di stazioni di terra molto ridotta rispetto a quella definitiva.

**I "GALILEO EARLY SERVICES"**

La strategia congiunta della Commissione Europea e dell'ESA riguardo all'infrastruttura europea per la navigazione è sempre stata basata su due pilastri fondamentali: EGNOS ("European Geostationary Navigation Overlay Service"), un sistema di "augmentation" a copertura europea

(ma estendibile anche a Medio-Oriente ed Africa), che integra il GPS fornendo informazioni aggiuntive agli utenti, e Galileo.

Ad oggi, EGNOS è operativo e certificato, costituendo la base per un grande numero di applicazioni, anche "safety-critical", sul continente Europeo. Quando Galileo diventerà completamente operativo ed integrato con EGNOS, sarà possibile offrire agli utenti (europei e non) un portafoglio molto ampio di servizi per la navigazione, la geodesia ed il tempo.

La piena operatività e la fornitura completa dei servizi di Galileo potrà cominciare solo con il completamento della costellazione (satelliti operativi e "spares") e con il segmento terrestre nella sua configurazione finale, cioè con una rete completa di stazioni di terra e di centri di controllo e di servizio, regionali e locali.

Tuttavia, grazie alla visione strategica del suo Vice-presidente, Antonio Tajani, la Commissione Europea ha deciso di includere nella sua agenda di fine mandato l'inizio ufficiale di alcuni servizi Galileo, i cosiddetti "Early Services", già prima della fine del 2014.

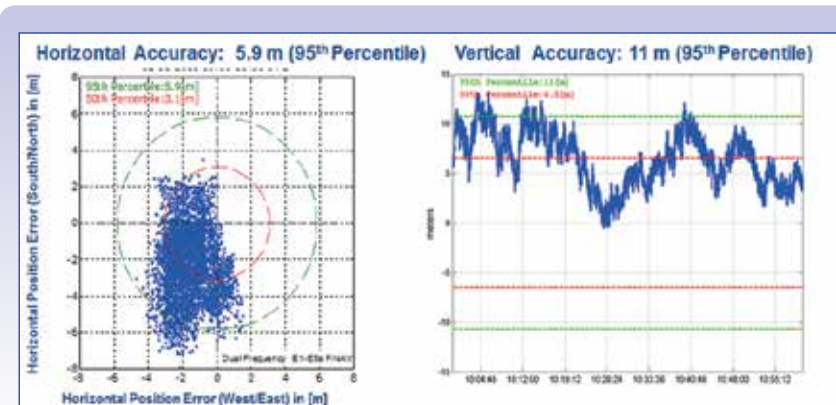


Figura 3 - risultati del primo "Position Fix" di Galileo (quattro satelliti)



Fig. 5 - Organizzazione dei Galileo "Early Services"

Sulla base della configurazione dei segmenti spaziale e terrestre disponibile nel 2014, si stanno consolidando i seguenti servizi iniziali:

- ▶ **"Open Service"**: distribuzione da parte dei satelliti in orbita di segnali stabili alle frequenze E1, E5a ed E5b, che permetteranno agli utenti di ottenere la propria posizione con accuratezza migliore di quella ottenibile con i soli satelliti GPS (E1 ed E5a sono infatti interoperabili con il sistema americano);
- ▶ **"Public Regulated Service"**: distribuzione di segnali stabili e sicuri alle frequenze E1 ed E6, che permetteranno la conduzione di "Pilot Projects" da parte degli Stati Membri della UE;
- ▶ **"Search And Rescue"**: disponibilità di un "forward link" garantito, che permetterà la detezione e localizzazione dei "beacons" di soccorso del sistema COSPAS-SARSAT;
- ▶ **"Commercial Services"**: sperimentazione con potenziali "service providers" su servizi di localizzazione accurata e di autenticazione.

**L'INGEGNERIZZAZIONE DEI SERVIZI GALILEO**

Il termine "servizio" implica l'impegno a fornire in modo continuativo e garantito una certa prestazione ("ca-

pability") ad una comunità di potenziali clienti o utenti.

Nella fornitura di un servizio, l'attenzione è pertanto sull' "impegno" (continuato nel tempo) e non solo sulla "performance" tecnica.

Affinché i servizi di Galileo ottengano il loro obiettivo, che è quello della soddisfazione degli utenti a fronte del valore aggiunto da loro fornito, non basta che il sistema, sul quale i servizi stessi si basano, sia tecnicamente performante. E' necessario progettare l'organizzazione complessiva che eroga e garantisce i servizi e della quale il sistema, cioè l'infrastruttura tecnica, costituisce solo una parte, seppur essenziale.

La fase di "Early Services" viene preparata da una "Task Force" dedicata, con la partecipazione di personale tecnico della Commissione Europea, della European GNSS Agency (GSA) e dell'ESA.

Le attività includono la definizione ed il "procurement" di infrastrutture esterne al sistema Galileo, come ad esempio il "GNSS Service Center" (GSC), che sarà l'interfaccia verso le comunità di utenti ed i "service providers", ed il "Galileo Reference Center" (GRC), che avrà invece il compito di controllare e documentare nel tempo la qualità del servizio fornito.

L'attività di ingegnerizzazione dei ser-

vizi include anche l'identificazione di tutte le componenti organizzative ed operative coinvolte nella fornitura degli stessi e nella definizione di tutti i processi coinvolti, nei vari scenari operativi (Fig. 5).

Prima della dichiarazione ufficiale degli "Early Services", sarà pubblicato sul sito web del "GNSS Service Center" un documento, il "Service Definition Document", nel quale si definiranno tutte le caratteristiche, tecniche e non, del servizio reso.

La qualità del servizio sarà continuamente controllata dal "Galileo Reference Center" per mezzo di "Key Performance Indicators" (KPIs), grandezze di natura statistica che dovranno rimanere, integrate nel tempo, entro gli intervalli di riferimento specificati.

Prima della dichiarazione pubblica degli "Early Services", è attualmente prevista una fase di validazione dei servizi ("Service Validation Phase"), durante la quale i "KPIs" e la performance tecnica saranno continuamente controllati, allo scopo di verificare lo stato di preparazione dell'organizzazione (figura 6).

**LE CAMPAGNE DI TEST SU RICEVITORI "GALILEO READY"**

Come parte integrante della fase di validazione, è stata offerta ad aziende costruttrici di dispositivi e ricevitori per la navigazione satellitare la possibilità di verificare la performance dei loro prodotti relativamente a Galileo. L'obiettivo è duplice: da una parte promuovere il mercato affinché sia pronto all'inizio dei primi servizi; dall'altra quello di risolvere eventuali problemi tecnici relativi all'interoperabilità con altre costellazioni ovvero alla definizione del "Signal-in-Space" ("SIS ICD").

Una "call for interest" relativa alla campagna di test è stata pubblicata a luglio 2013 e ad essa hanno risposto molte fra le aziende leader sia nel settore delle applicazioni "mass market" che in quello dei ricevitori e delle applicazioni professionali.

I test sono stati adattati alla natura delle applicazioni e dei mercati d'interesse per ciascuna azienda costruttrice di ricevitori.

Una prima campagna di prove sarà dall'ESA in Olanda (ESTEC) e si concentrerà sulle applicazioni commerciali e "mass market". Queste prove verificheranno la performance dei ricevitori in situazioni ambientali difficili, quali quelle che si hanno nei cosiddetti "urban canyons".

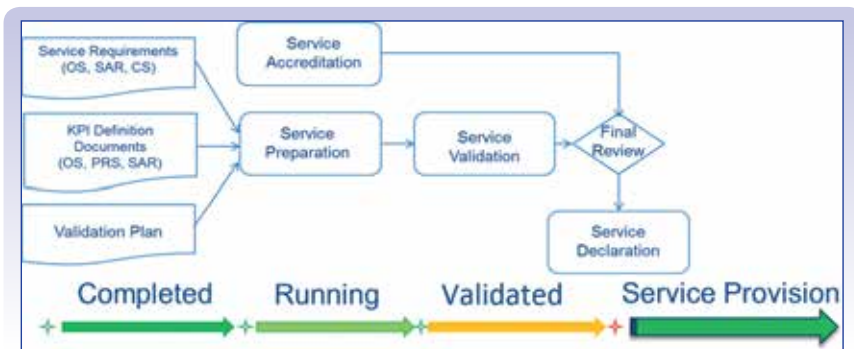


Fig. 6 - Attività della fase di validazione dei servizi



Saranno anche verificate situazioni di transizione fra operazione "outdoor" ed operazione "indoor".

Una campagna parallela di prove sarà invece organizzata dal "Joint Research Center" (JRC) dell'Unione Europea. Questa campagna sarà orientata alle necessità di utenti professionali, verificando, ad esempio, la performance dei ricevitori utilizzando la modalità "dual frequency".

Tutte le prove saranno condotte integrando i satelliti europei in orbita con differenti combinazioni di satelliti GNSS (GPS, GLONASS) per valutare il valore aggiunto di Galileo.

Le campagne di sperimentazione sono iniziate nel 2014 con prove di laboratorio basate su dati e segnali simulati, per continuare nel corso dell'anno utilizzando i segnali reali trasmessi dai satelliti Galileo in orbita.

## CONCLUSIONI

Galileo sarà il sistema satellitare di navigazione completamente europeo, cioè costruito in Europa con risorse industriali e tecnologiche europee e sotto il controllo politico degli Stati Membri dell'Unione Europea.

Pur essendo completamente autonomo, nel fornire i suoi servizi permetterà agli utenti di utilizzare anche satelliti di altre costellazioni GNSS, essendo interoperabile con esse.

Galileo costituirà, insieme ad EGNOS, l'infrastruttura europea per la navigazione ed il tempo, fornendo servizi che hanno lo scopo di supportare e rendere fattibili altri sistemi fornitori di servizi: controllo del traffico aereo, rete di distribuzione elettrica, trasporto marittimo, autostradale e ferroviario, etc.

Da un punto vista ingegneristico, Galileo costituisce un'importante pietra miliare per l'Europa non solo per lo stato dell'arte della sua tecnologia e per la complessità sistemistica della sua architettura, ma anche per aver promosso un'organizzazione europea in grado di fornire servizi sofisticati e ad alto valore aggiunto, basandosi su strutture di "governance", operative e regolatorie opportunamente concepite.

Dopo il completamente pienamente soddisfacente della fase di validazione in orbita (IOV), gli "Early Services" segneranno il prossimo significativo passo verso la piena maturità operativa del sistema con tutte le sue funzioni e servizi.

## PAROLE CHIAVE

GALILEO; GNSS; POSIZIONAMENTO SATELLITARE; EGNOS

## ABSTRACT

Galileo is a joint initiative of the European Union and the European Space Agency, and is currently the most ambitious service-oriented and technologically advanced that has ever been developed in Europe.

It's a navigation satellite system completely under civil control and has the purpose to distribute radio signals on a global scale for the localization, navigation, and time synchronization. Galileo is based on a constellation of 24 satellites, a worldwide network of ground stations and various control centers, dedicated to the control of the constellation, the management of the mission and the ongoing monitoring of performance.



## AUTORE

MARCO LISI

marco.lisi@esa.int

Manager in ESA per l'ingegnerizzazione dei servizi Galileo, Consigliere Speciale della Commissione Europea

Marco Lisi, nato a Roma nel 1956, ha conseguito la laurea "magna cum laude" in ingegneria nel 1980, presso l'Università "La Sapienza" di Roma.

L'ing. Marco Lisi è attualmente "GNSS Services Engineering Manager" presso la European Space Agency (ESA), nel Directorate Galileo e Navigazione. Negli ultimi tre anni è stato responsabile delle attività di ingegneria di sistema, delle operazioni e della sicurezza del progetto europeo di navigazione satellitare Galileo.

Prima di entrare in ESA nel marzo 2009, l'ing. Marco Lisi è stato "Chief Technical Officer" presso la Telespazio SpA di Roma, una società del gruppo Finmeccanica.

Ha maturato una lunga serie di esperienze professionali nell'ambito dei settori aerospaziale e telecomunicazioni, coprendo posizioni manageriali nella R&D, nell'ingegneria e nei programmi. Durante la sua carriera professionale, è stato coinvolto in numerosi ed importanti programmi spaziali nazionali ed internazionali.

Negli ultimi dieci anni, ha promosso il "systems engineering" ed approcci sistemici all'ingegneria ed al management in campi tecnici differenti (dalle antenne alle telecomunicazioni ed ai sistemi spaziali). Ha organizzato numerosi seminari sul "systems engineering" e sul "project management", nonché corsi presso università ed istituzioni militari e governative.

E' "Senior Member" dell'IEEE ("Institute of Electrical and Electronics Engineers") e dell'IAA ("American Institute of Aeronautics and Astronautics"), membro dell'ION ("Institute of Navigations"). Ha fatto inoltre parte dell'"Advisory Board" del Master "SpaceTech" presso la "Technical University of Delft" (TUD) in Olanda ed è stato consigliere dell'Istituto Italiano di Navigazione. Nel 2007 è stato eletto "Fellow Member" della British Interplanetary Society e nel 2009 Presidente Onorario del capitolo italiano di INCOSE ("International Council on Systems Engineering").

Dal 1° ottobre 2012, l'ing. Lisi è stato nominato "Special Advisor" della Commissione Europea per le attività spaziali.

L'ing. Lisi è autore di tre brevetti internazionali (un quarto brevetto è in attesa di registrazione) e di più di centocinquanta articoli di argomento tecnico, pubblicati su riviste scientifiche internazionali. Collabora inoltre a riviste italiane di finanza e management ed a riviste di divulgazione tecnico-scientifica.



La vostra soluzione  
**GIS mobile** ad un  
prezzo mai visto.

**Trimble.**

Le nostre nuovissime soluzioni  
GIS con software di  
acquisizione dati, **Juno serie 3**  
e **Juno serie 5**;  
quest'ultimi disponibili anche con  
sistema operativo **Android**.



La nuova serie **Pro 6**:  
antenne GNSS ad  
alta precisione con  
tecnologia **flashlight**.



Per informazioni e disponibilità:  
Crisel srl - Clivo di Cinna, 196 00136 Roma  
Tel. 06 35498681 Fax 06 35498686  
info@crisel.it www.crisel.it