

Moonlight

Comunicazione e navigazione pionieristiche
per l'esplorazione lunare



Moonlight è il programma dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) volto a fornire servizi di connettività e navigazione a supporto delle missioni di esplorazione lunare attraverso una costellazione di satelliti in orbita attorno alla Luna. L'ESA ha avviato questo programma sia per supportare le proprie missioni lunari sia per creare un operatore commerciale europeo capace di fornire tali servizi.

Con oltre **400 missioni lunari** pianificate da agenzie spaziali e aziende private nei prossimi vent'anni, Moonlight rappresenta un passo cruciale verso un'esplorazione lunare sostenibile e lo sviluppo di una solida economia lunare. Il programma mira a supportare sia missioni istituzionali sia commerciali, consentendo atterraggi autonomi di alta precisione, mobilità sulla superficie lunare e trasferimento di dati ad alta velocità e bassa latenza tra la Terra e la Luna.

Questa infrastruttura punta a supportare non solo il ritorno dell'umanità sulla Luna, ma anche la creazione di una **presenza stabile e duratura a sostegno delle missioni di esplorazione spaziale**.

Servizi di comunicazione e navigazione lunare

Nell'ambito dell'iniziativa **Moonlight** dell'ESA, il programma **Lunar Communication and Navigation Service (LCNS)** mira a gettare le basi per un futuro stabile e sostenibile nell'esplorazione lunare, promuovendo la cooperazione internazionale e creando nuove opportunità commerciali nell'economia lunare attraverso il dispiegamento di un'infrastruttura spaziale.

Grazie a un'infrastruttura innovativa, questo programma permetterà alle future missioni di fare affidamento su una rete affidabile per comunicazione e navigazione, supportando sia l'esplorazione umana sia quella robotica e contribuendo al raggiungimento di nuovi obiettivi nell'esplorazione spaziale.

Il ruolo del consorzio europeo

Da ottobre 2024, Telespazio lavora con l'Agenzia Spaziale Europea allo sviluppo di una costellazione di satelliti destinata a fornire servizi **di comunicazione e navigazione per le future missioni lunari - LCNS**. LCNS coinvolge un consorzio di aziende specializzate, con Telespazio nel ruolo di **prime contractor** e **system integrator** dell'intero sistema.

Il consorzio include come partner industriali **Hispasat, Viasat, Thales Alenia Space Italia, Qascom, KSAT, Telespazio UK e Telespazio Iberica**.

Tra i partner accademici figurano **SDA Bocconi, Politecnico di Milano, CRAS (La Sapienza) e SIA (La Sapienza)**, coinvolti nella progettazione, realizzazione e qualificazione operativa del sistema.

L'Infrastruttura di servizio LCNS

L'infrastruttura **Lunar Communication and Navigation Services** è progettata per integrare comunicazione e navigazione in un unico servizio ad alte prestazioni. Armonizzando diverse capacità tecnologiche, LCNS punta a sbloccare il pieno potenziale dell'esplorazione lunare e delle operazioni sulla superficie: un posizionamento lunare preciso consentirà esplorazioni sicure e operazioni autonome, mentre comunicazioni continue garantiranno controllo, coordinamento e scambio dati per tutte le attività di missione.

L'infrastruttura LCNS si compone di **tre elementi principali**:

- › **Segmento spaziale lunare:** una costellazione iniziale di cinque satelliti per comunicazione e navigazione. Questi satelliti mirano a fornire comunicazioni ad alta velocità e bassa latenza insieme a segnali di navigazione precisi per consentire atterraggi autonomi e mobilità sulla superficie lunare.

I satelliti saranno posizionati per garantire un'ampia copertura del polo sud lunare, area di particolare interesse per le future missioni grazie alla presenza di risorse come il ghiaccio lunare nei crateri in "eterna oscurità" e alle "vette di luce eterna", ideali per la produzione di energia solare.

La costellazione LCNS è progettata per offrire copertura ottimizzata del polo sud lunare sia per comunicazioni sia per navigazione. È stata scelta un'orbita Elliptical Lunar Frozen Orbit (ELFO) per mantenere costanti eccentricità, inclinazione e argomento del pericentro.

- › **Segmento terrestre:** comprende almeno tre stazioni di terra collegate ad una infrastruttura terrestre implementata su cloud commerciale. Questo sistema svolgerà un ruolo chiave nel monitoraggio e nella gestione dell'intera infrastruttura. L'infrastruttura Earth Ground Segment (EGS) sarà fondamentale per garantire la continuità dei servizi e la connessione tra Terra e Luna, coordinando tutte le operazioni della costellazione e supportando la rete di comunicazione e navigazione.
- › **Segmento utenti lunari:** consente agli utenti finali di accedere ai servizi LCNS tramite Terminali Lunari Utente certificati. Questi terminali serviranno inizialmente a validare i servizi di comunicazione e navigazione durante la fase di qualificazione in orbita e successivamente a fornire servizi end-to-end agli utenti finali.



CONFIGURAZIONE ORBITALE DEL SEGMENTO SPAZIALE LCNS

Orbita lunare ellittica congelata (Elliptical Lunar Frozen Orbits – ELFO) per mantenere costanti eccentricità, inclinazione e argomento del pericentro.

I satelliti NAV hanno un periodo orbitale di 24 ore e un semiasse maggiore di circa 10.000 km.

Il satellite COM ha un periodo orbitale di 12 ore e un semiasse maggiore di circa 6.000 km.



Capacità dei servizi di comunicazione

I servizi LCNS sono progettati per garantire alta disponibilità e copertura temporale giornaliera. Le principali caratteristiche previste includono:

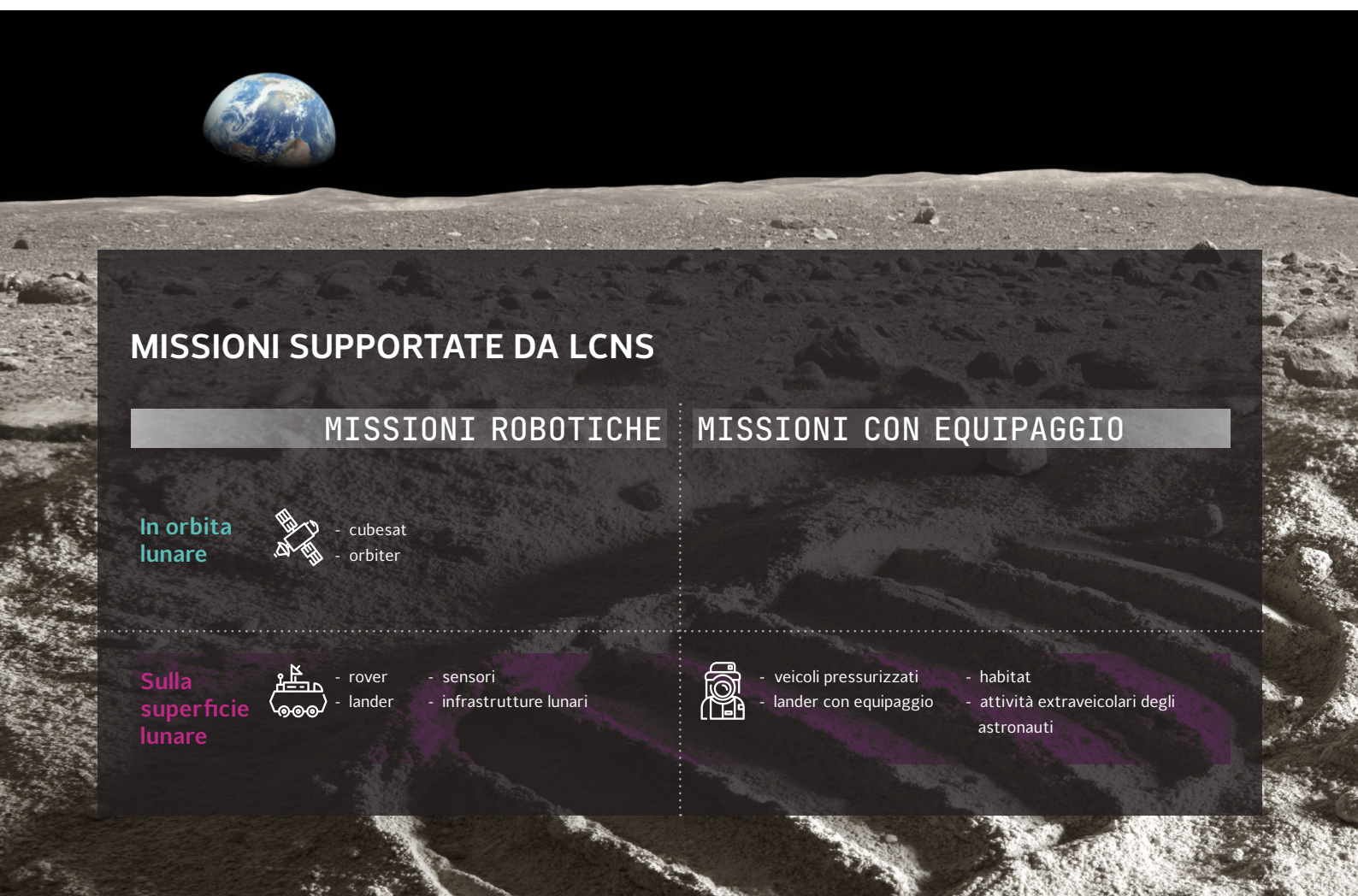
- › servizi K-band ad alta capacità e S-band a larga copertura
- › servizi di data relay in tempo reale e consegna differita (store-and-forward)
- › Quality of Service (QoS) per la priorità tra operazioni nominali e critiche
- › Trasferimento dati in tempo reale in pochi secondi
- › Supporto a più sessioni utente simultanee

Un servizio Direct to Earth (DTE) / Direct with Earth (DWE) completerà i servizi di data relay LCNS, migliorando copertura temporale e geometrica.

Capacità dei servizi di navigazione

Sono previste le seguenti capacità di navigazione:

- › **Servizi in tempo reale:**
 - › One-Way Ranging (OWR)
 - › Position, Velocity and Time (PVT)
 - › Time Dissemination Service (TS)
 - › Two-Way Measurement (TWM – da confermare)
 - › previsione di disponibilità e prestazioni del servizio di navigazione
- › **Servizi non in tempo reale che consentono una post-elaborazione PVT altamente accurata**



MISSIONI SUPPORTATE DA LCNS

MISSIONI ROBOTICHE		MISSIONI CON EQUIPAGGIO	
In orbita lunare	 - cubesat - orbiter		
Sulla superficie lunare	 - rover - lander  - sensori - infrastrutture lunari	 - veicoli pressurizzati - lander con equipaggio  - habitat - attività extraveicolari degli astronauti	

Interoperabilità e cooperazione internazionale

LCNS farà parte della rete LunaNet e aderirà alle **LunaNet Interoperability Specifications (LNIS)**.

- › I servizi LCNS saranno conformi al framework LunaNet, basato su standard, protocolli e specifiche di interfaccia condivisi che consentono l'interoperabilità tra diversi fornitori di servizi LunaNet.
- › L'approccio flessibile di LunaNet, che prevede servizi incrementali dalla fase Initial Operational Capability (IOC) fino alla Full Operational Capability (FOC), sarà applicato anche alla configurazione LCNS.

LCNS è inoltre conforme agli standard e alle raccomandazioni di Interagency Operations Advisory Group (IOAG), Space Frequency Coordination Group (SFCG), Consultative Committee for Space Data Systems (CCSDS).

Disponibilità del servizio

Il servizio LCNS sarà rilasciato progressivamente, con un aumento graduale delle capacità operative nei prossimi cinque anni, passando dalle funzionalità iniziali fino alle capacità complete.

Principali benefici del programma LCNS

- › **Comunicazioni potenziate:** LCNS mira a consentire trasmissioni dati ad alta velocità, permettendo alle missioni lunari di comunicare in modo efficace. Ciò migliora l'efficienza operativa, riduce peso e requisiti energetici delle missioni e limita la necessità di comunicazioni dirette con la Terra.
- › **Navigazione precisa:** La costellazione LCNS fornirà segnali di posizionamento altamente accurati, riducendo complessità e costi della navigazione per lander, rover e orbiter e diminuendo i rischi dell'esplorazione lunare grazie ai servizi PVT.
- › **Opportunità commerciali:** Creando servizi affidabili di comunicazione e navigazione lunare, Moonlight apre nuove possibilità nell'economia lunare in crescita, favorendo innovazione tecnologica ed esplorazione sostenibile.

In sintesi, LCNS punta a supportare missioni scientifiche più avanzate e di lunga durata, lo sviluppo tecnologico e la creazione di una presenza umana stabile sulla Luna.

Per maggiori informazioni:
moonlight@telespazio.com

La presente pubblicazione viene emessa al solo scopo di fornire informazioni generali ed è fornita senza alcuna responsabilità per errori o omissioni. Nessuna parte di essa può essere riprodotta o utilizzata senza autorizzazione scritta. Ci riserviamo il diritto di modificare o rivedere, in tutto o in parte, il presente documento senza preavviso.

Settembre 2026 © Telespazio S.p.A.

