



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

Sistemi GNSS e lo strumento LZERO a basso costo

Autori: Lavinia Tunini, Andrea Magrin, David Zuliani



OGS

Istituto Nazionale
di Oceanografia
e di Geofisica
Sperimentale



GeoSciencesIR

Missione 4 ■ Istruzione e Ricerca

Indice (1)

- conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS
 - I sistemi GNSS e la loro struttura
 - Localizzazione di un punto nei sistemi GNSS
 - Il segnale: portanti e modulazione
 - La misura con il codice: il pseudorange
 - Le misure di fase: l'ambiguità intera
 - Errori nella misura GNSS
 - DOP=Dilution of Precision
 - Tipi di posizionamento: Posizionamento assoluto (ricevitore Stand-alone o autonomo)
 - Tipi di posizionamento: Posizionamento relativo (due ricevitori)
 - Tipi di posizionamento: Posizionamento differenziale in tempo reale (due ricevitori)
 - Reti di stazioni permanenti, relativi servizi e protocollo NTRIP
 - Strumentazione

Indice (2)

- LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo
 - LZERO MOB: KIT di campagna
 - LZERO MOB: il dettaglio
 - LZERO MOB: i supporti/monumenti antenna
 - diagramma di flusso del funzionamento
 - configuratore centrale
 - interfaccia di configurazione e di gestione
 - interfaccia di configurazione U-BLOX
 - interfaccia di configurazione RTKLIB
- Bibliografia e sitografia



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Piacenza dell'Ambiente



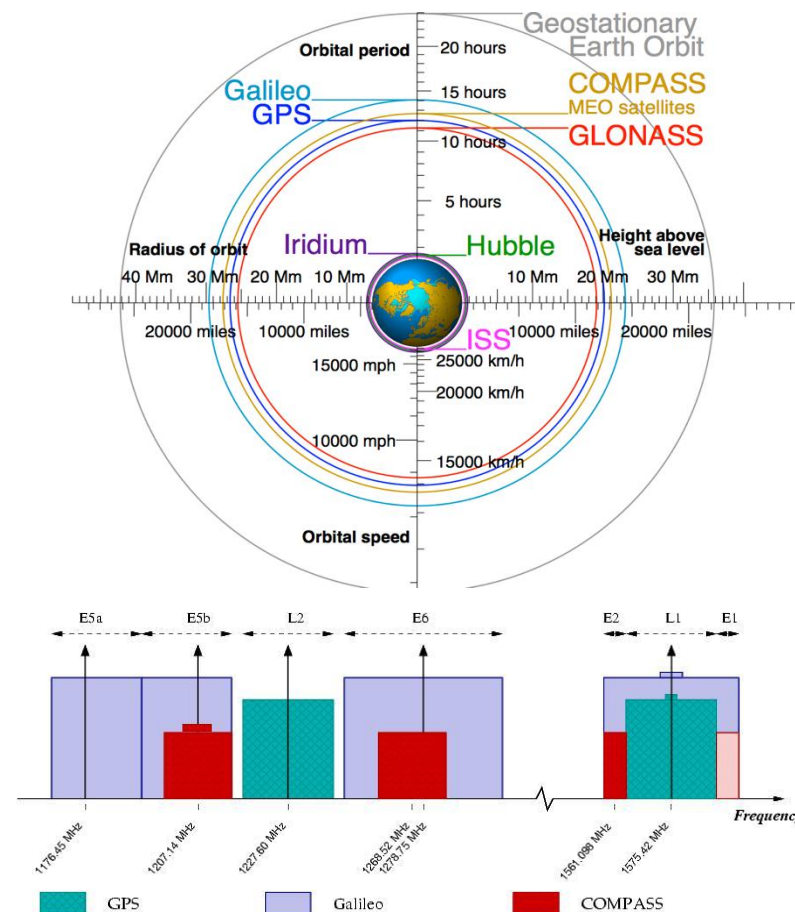
Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

I sistemi GNSS e la loro struttura

- GNSS: Global Navigation Satellite Systems
 - GPS → Stati Uniti
 - GLONASS → Russia
 - GALILEO → Europa
 - COMPASS/BEIDOU2 → Cina
- SBAS: Sat.based augmentation system
 - WAAS → Stati Uniti
 - EGNOS → Europa

A COSA SERVONO

- **Conoscere** la **POSIZIONE** in cui ci si trova.
- **Conoscere** la **VELOCITA'** con la quale ci si muove.





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

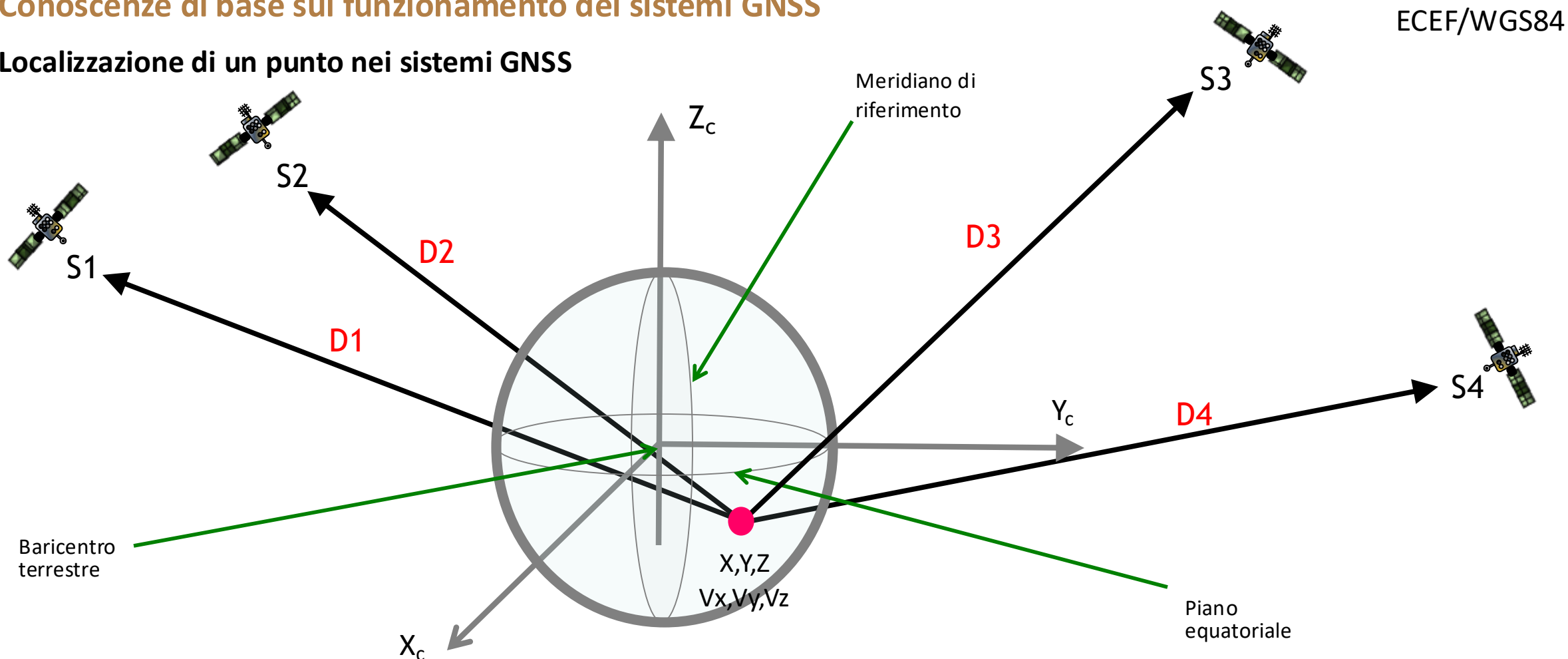


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca dell'Ambiente



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Localizzazione di un punto nei sistemi GNSS



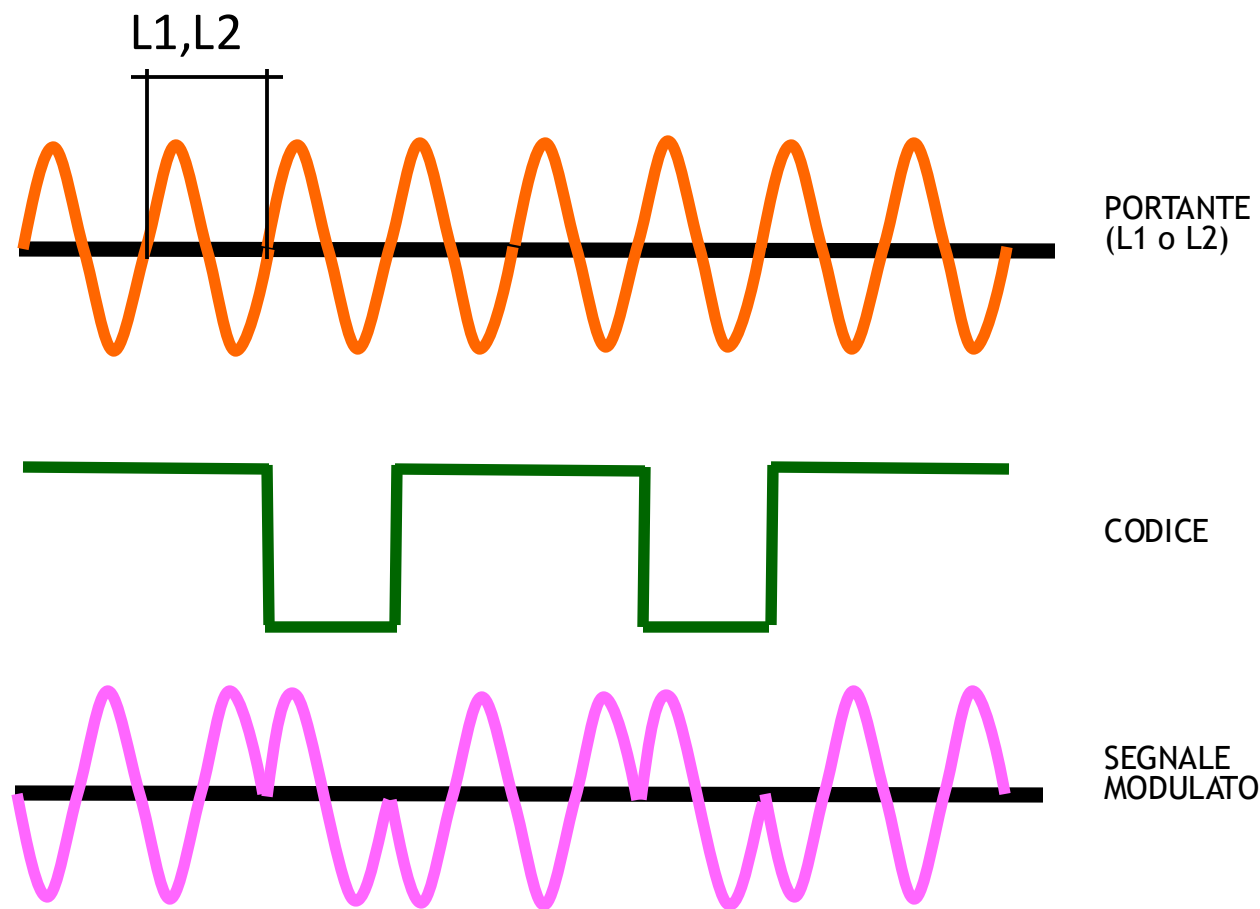


Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Il segnale: portanti e modulazione (ad esempio nel GPS)

Le portanti (o **FASI**) sono onde sinusoidali generate a partire da un segnale con frequenza $f_0 = 10,23 \text{ MHz}$ ($\lambda = 30 \text{ m}$)

- L1: frequenza $154 f_0 = 1575,42 \text{ MHz}$ ($\lambda = 19 \text{ cm}$)
- L2: frequenza $120 f_0 = 1227,60 \text{ MHz}$ ($\lambda = 24 \text{ cm}$)

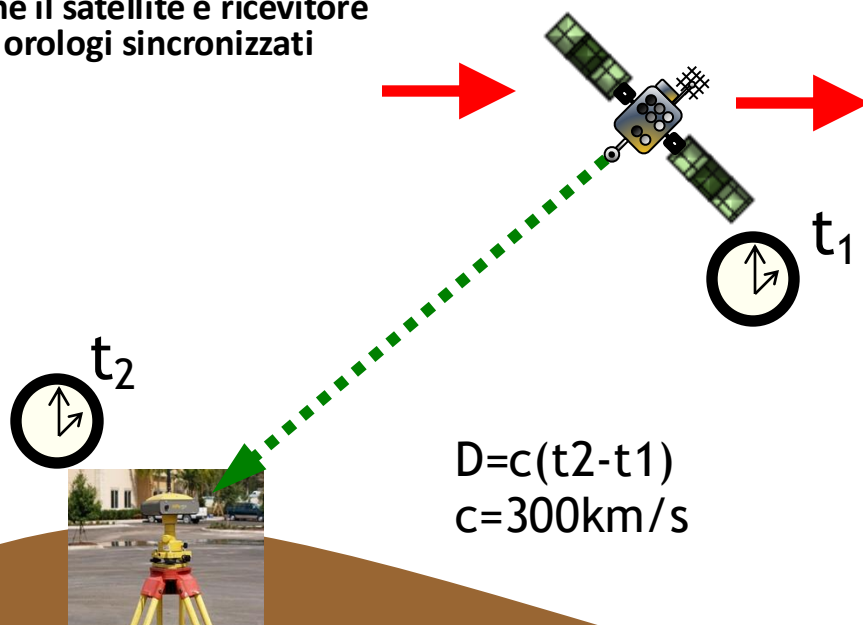




Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

La misure con il codice: il pseudorange

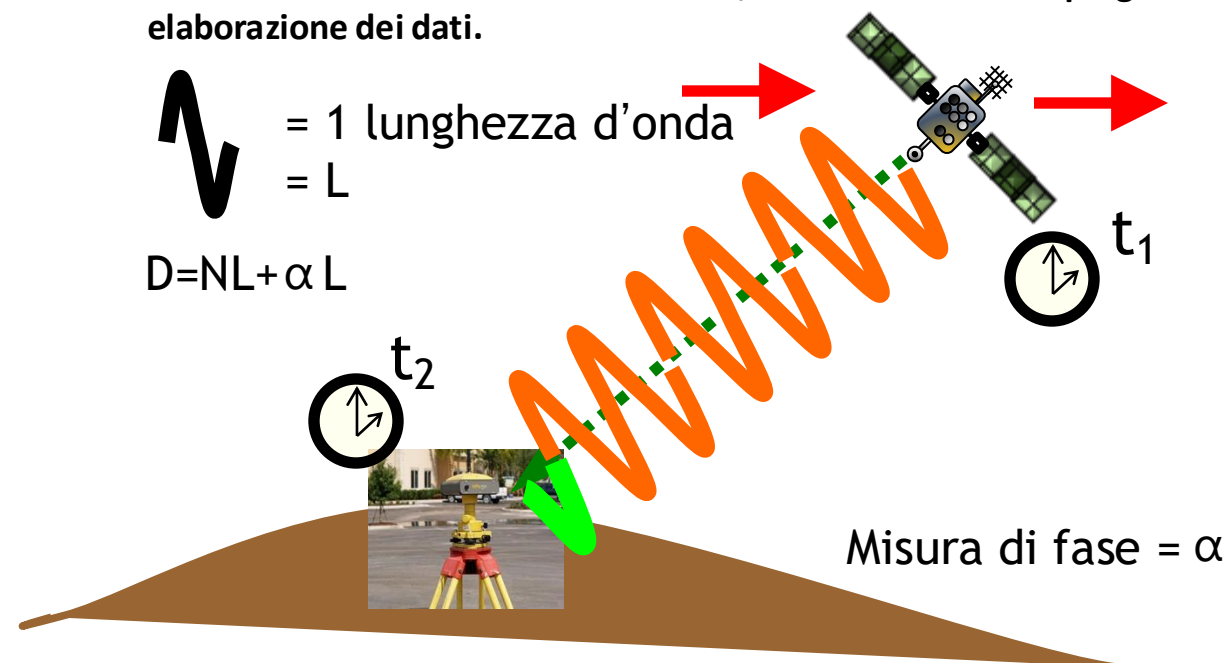
- Sono misure di distanza (D) tra il satellite e antenna
- PSEUDO** perché il satellite e ricevitore non hanno gli orologi sincronizzati



Le misure di fase: l'ambiguità intera

- La distanza è quindi formata da due contributi:
 - la misura di fase α
 - N (incognito) numero di lunghezze d'onda intere = AMBIGUITÀ
- la fase viene misurata dallo strumento, N viene stimata dai programmi di elaborazione dei dati.

$\lambda = 1 \text{ lunghezza d'onda}$
 $= L$
 $D = NL + \alpha L$





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

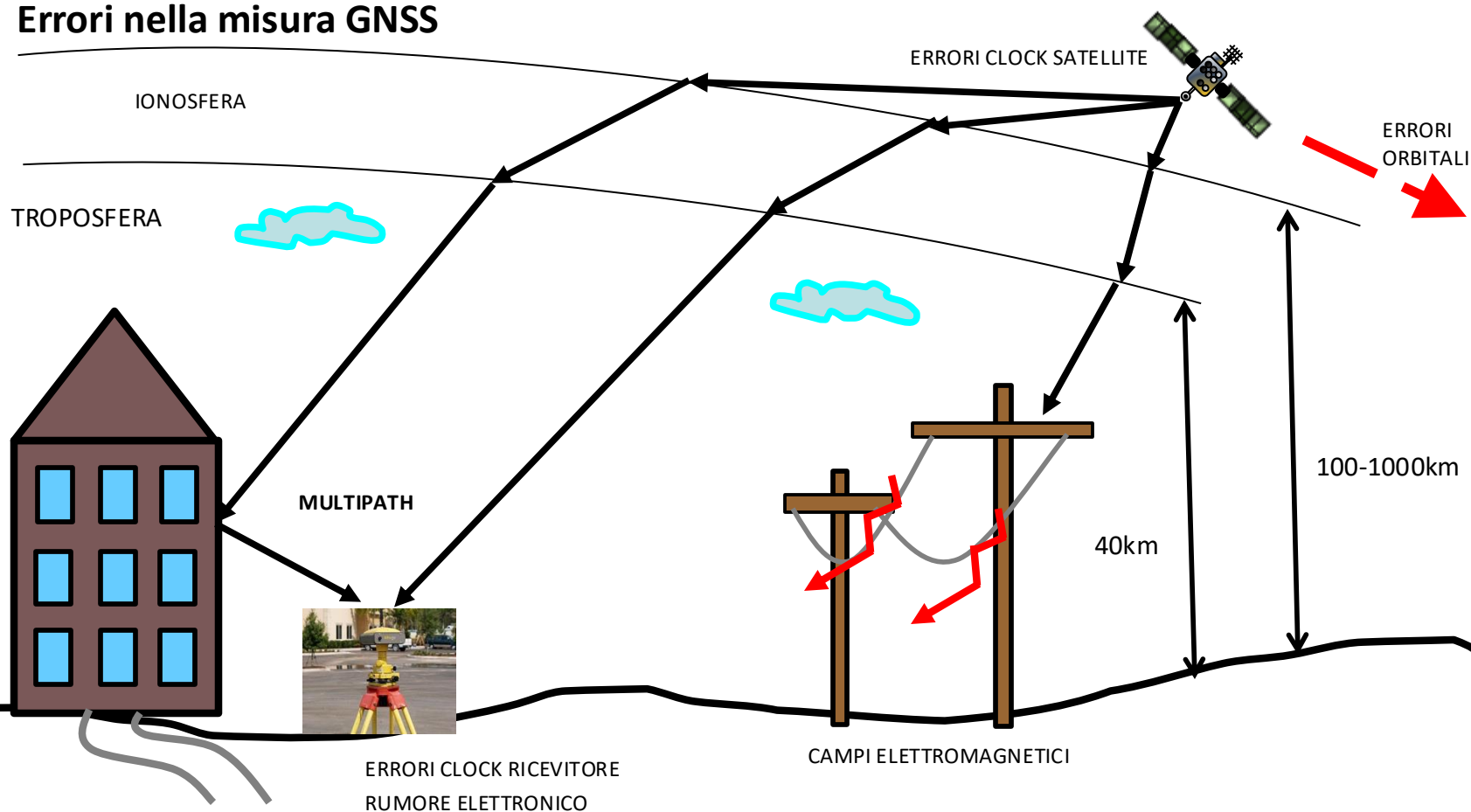


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca dell'Ambiente



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Errori nella misura GNSS



Precise error model, dual-frequency,
P(Y) code

| Error source | One-sigma error, m | | | |
|-----------------------|--------------------|-------|------|------|
| | Bias | Rand. | Tot. | DGPS |
| Ephemeris data | 2.1 | 0.0 | 2.1 | 0.0 |
| Satellite clock | 2.0 | 0.7 | 2.1 | 0.0 |
| Ionosphere | 1.0 | 0.5 | 1.2 | 0.1 |
| Troposphere | 0.5 | 0.5 | 0.7 | 0.1 |
| Multipath | 1.0 | 1.0 | 1.4 | 1.4 |
| Receiver measurement | 0.5 | 0.2 | 0.5 | 0.5 |
| User equivalent range | | | | |
| error (UERE), rms* | 2.6 | 1.5 | 3.0 | 1.5 |
| Filtered UERE, rms | 2.6 | 0.4 | 2.6 | 1.4 |

Vertical one-sigma
errors--VDOP= 2.5 **6.5 3.7**

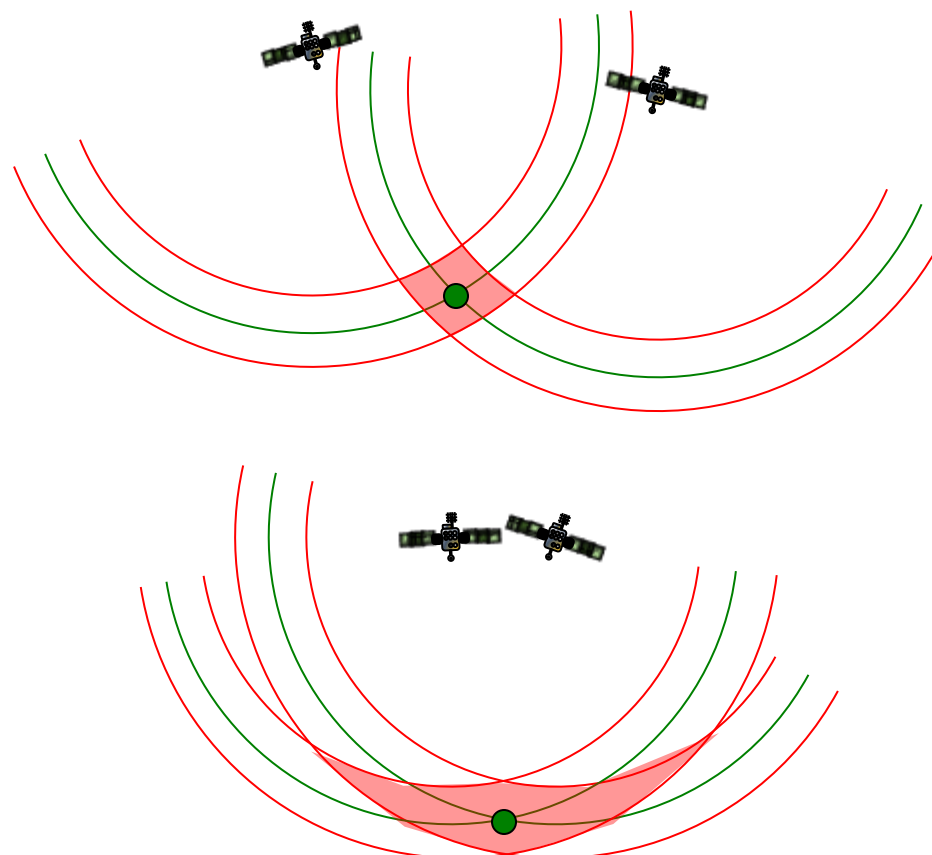
Horizontal one-sigma
errors--HDOP= 2.0 **5.2 3.0**

Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

DOP=Dilution of Precision

GDOP = Geometric Dilution of Precision

- Misura la bontà geometrica della configurazione satellitare o **SKYPLOT**
- Si può scomporre in:
 - PDOP Positioning Dilution of Precision
 - HDOP Horizontal Dilution of Precision
 - VDOP Vertical Dilution of Precision
 - TDOP Time Dilution of Precision



| DOP | VALUTAZIONE |
|-------|---------------|
| <1 | ideale |
| 1-2 | ottima |
| 2-5 | buona |
| 5-10 | moderata |
| 10-20 | scarsa |
| >20 | insufficiente |

$$\text{ERRORE DI POSIZIONE} = \text{HDOP} * \text{UERE}$$



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

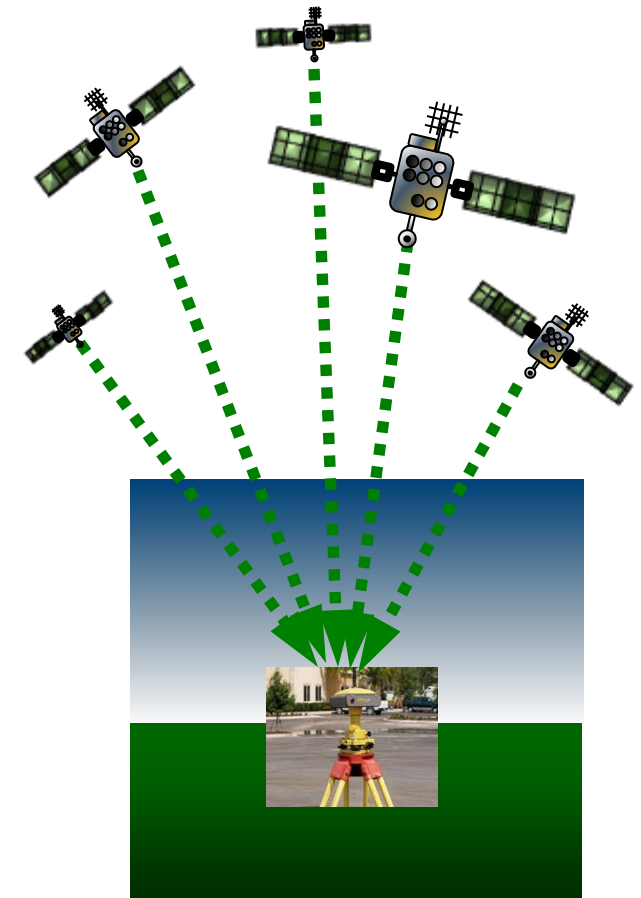


Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Tipi di posizionamento: Posizionamento assoluto (ricevitore Stand-alone o autonomo)

- Solo le misure di codice possono essere utilizzate per determinare la posizione assoluta in tempo reale.
- Le misure di fase richiedono il calcolo dell'ambiguità intera di fase, per la quale sono necessarie più acquisizioni e quindi non è possibile eseguire misure in tempo reale.
- Precisioni tipiche del posizionamento assoluto in tempo reale:
 - con codice **C/A** l'incertezza è di circa ± 30 m
 - con codice **P** l'incertezza è circa $\pm 3-5$ m

precisione metrica





Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

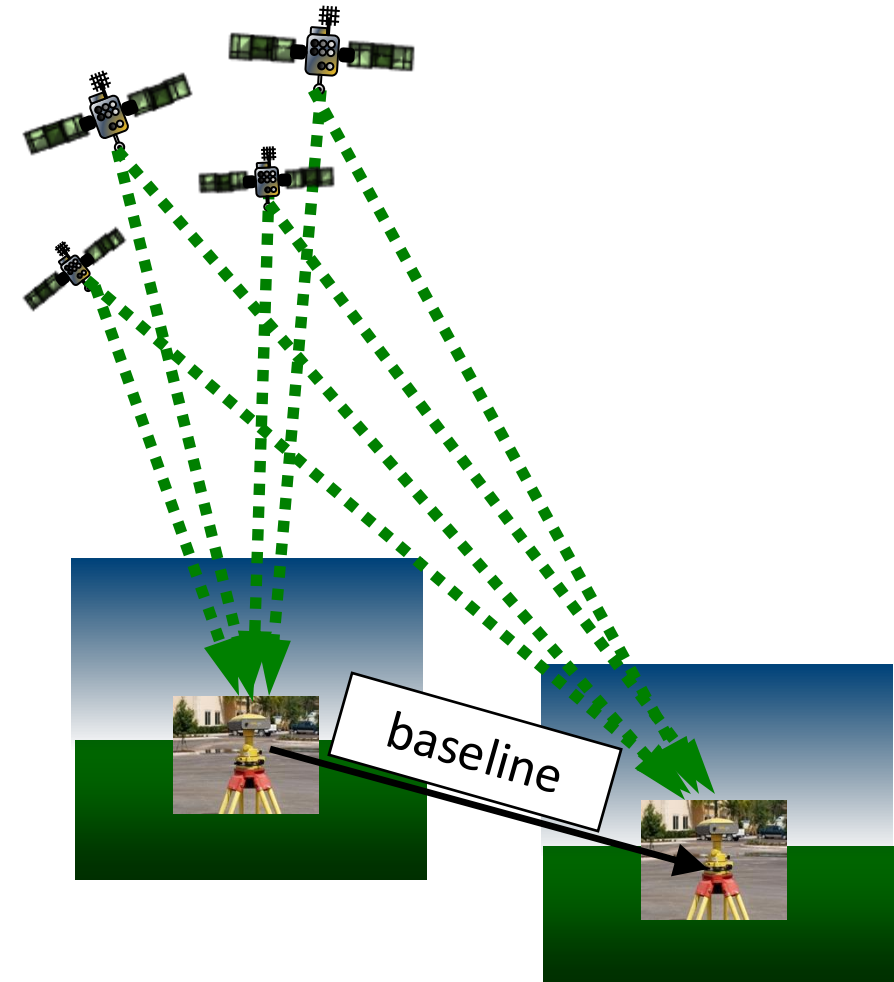
Tipi di posizionamento: Posizionamento relativo (due ricevitori)

- Combinando le misure di fase acquisite contemporaneamente da 2 ricevitori, si possono:
 - Eliminare gli errori di orologio
 - Ridurre l'effetto degli errori spazialmente correlati (ionosfera e troposfera)
 - Risolvere le ambiguità intere di fase
- Non si ottengono più le coord. assolute bensì quelle relative di un punto rispetto all'altro con precisioni spinte e bassi tempi di stazionamento.

TECNICHE DI DIFFERENZIAZIONE:

- **Doppie differenze** per eliminare gli offset degli orologi dei satelliti e dei ricevitori.
- **Triple differenze**, per la stima delle ambiguità.
- Combinazioni **LC** di L1 ed L2, riducono l'effetto della ionosfera.
- Combinazioni **Wide-lane** e **Narrow-lane** per la stima delle ambiguità intere.

precisione centimetrica e sub-centimetrica





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

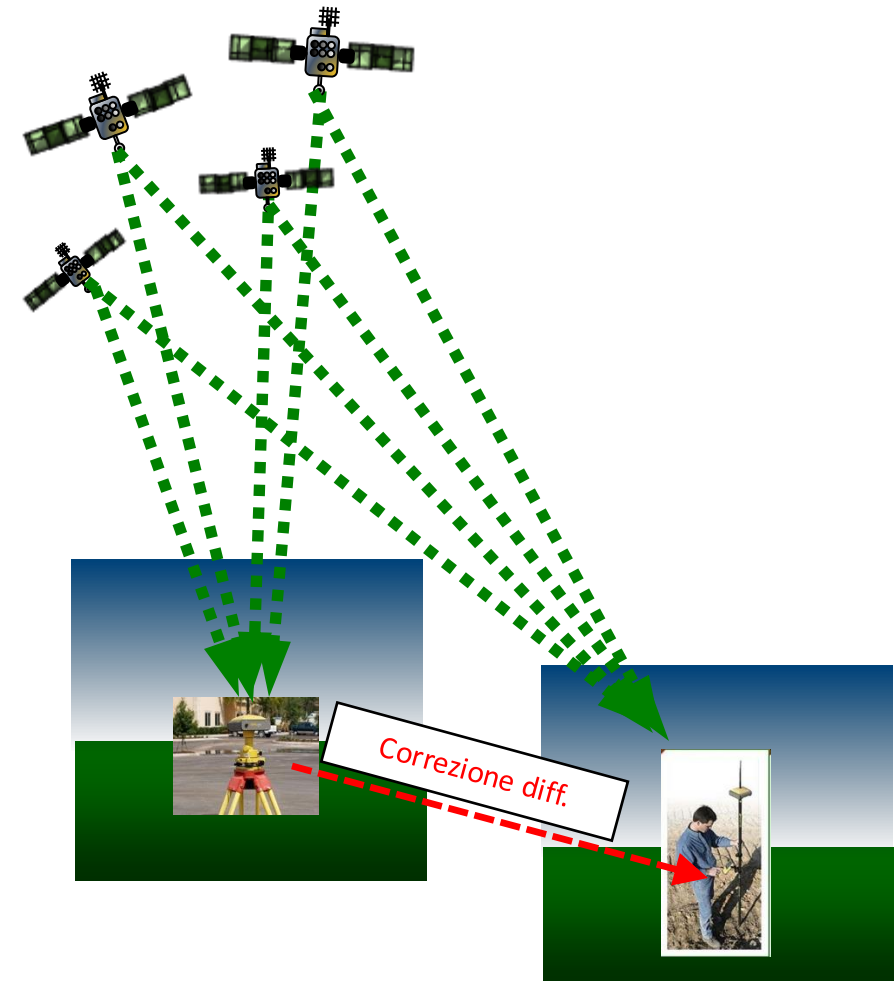


Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Tipi di posizionamento: Posizionamento differenziale in tempo reale (due ricevitori)

- Il principio è lo stesso del posizionamento relativo
- In questo caso un ricevitore fisso (master) trasmette via radio (o modem GSM o Internet) le correzioni per un ricevitore mobile (modalità cinematica)
- Con misure di fase: RTK (precisione 3-4 cm)
- Con misure di codice: DGPS (precisione sub-metrica)

precisione centimetrica





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

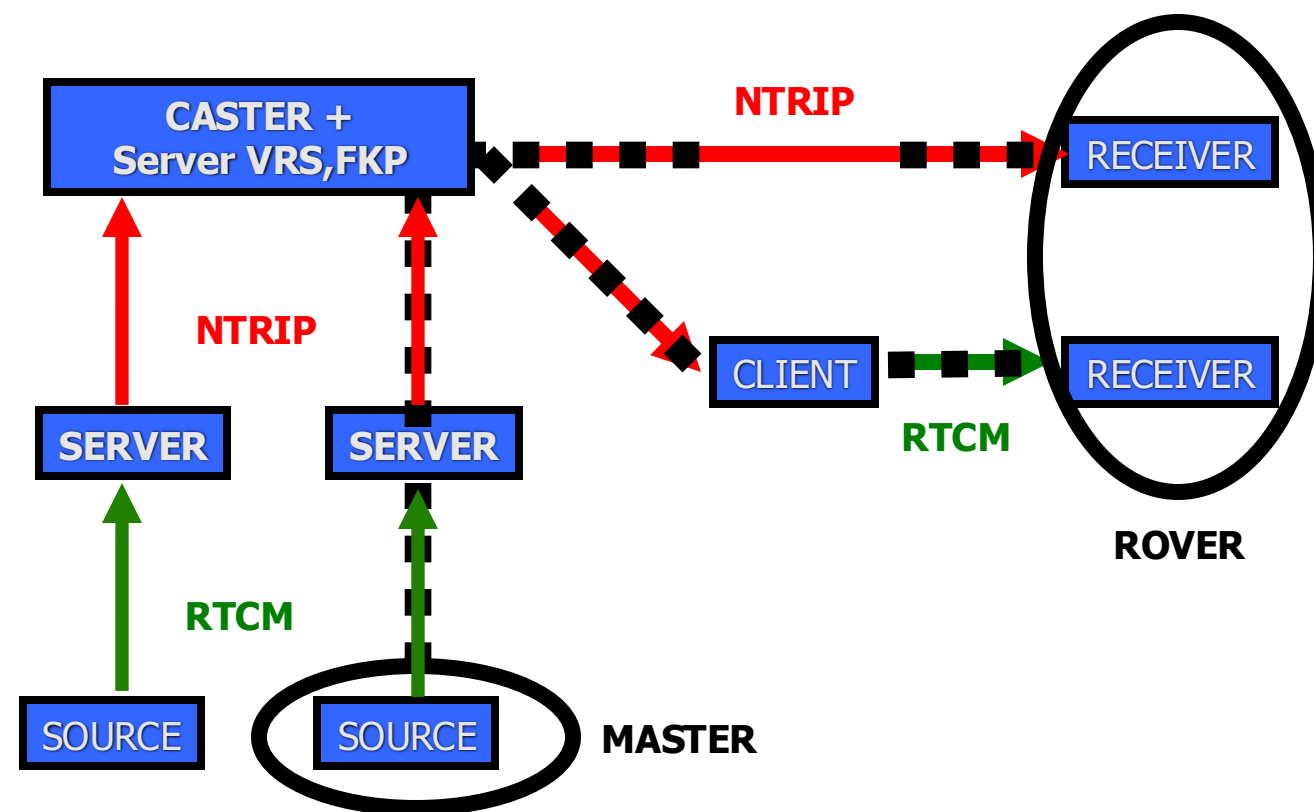
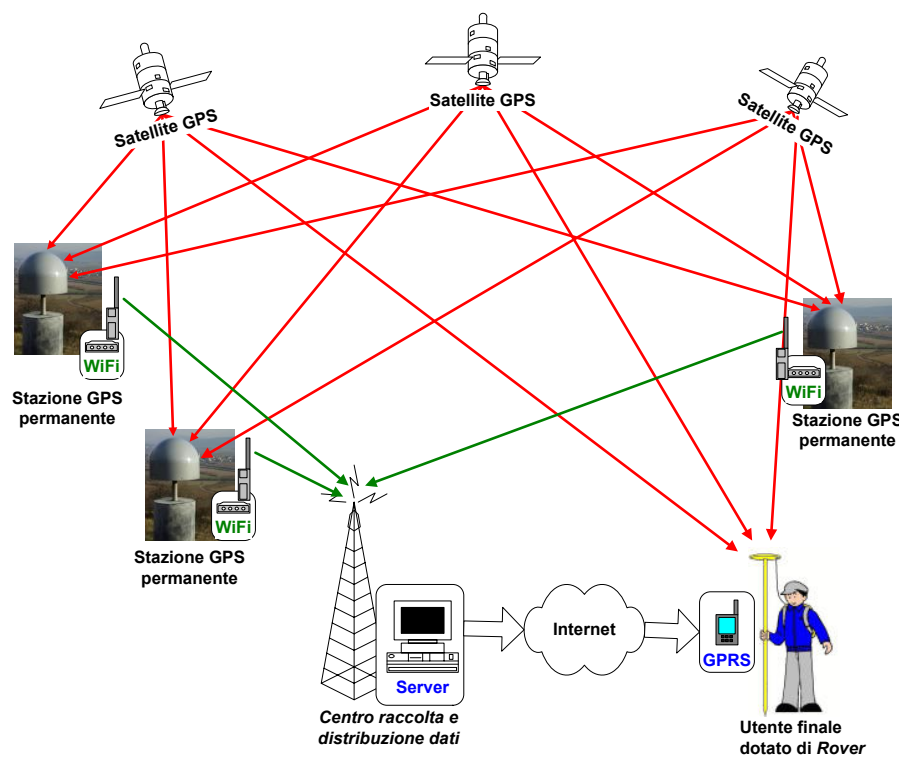


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Reti di stazioni permanenti, relativi servizi e protocollo NTRIP





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



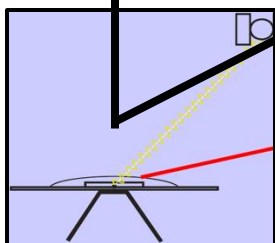
Conoscenze di base sul funzionamento dei sistemi GNSS

Strumentazione

Antenna geodetica



Antenna Choke Ring



Centro di fase



Cupola protettiva



Ricevitore palmare per
applicazioni Rover



Ricevitore da stazione
permanente o Master



Ricevitore ibrido



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

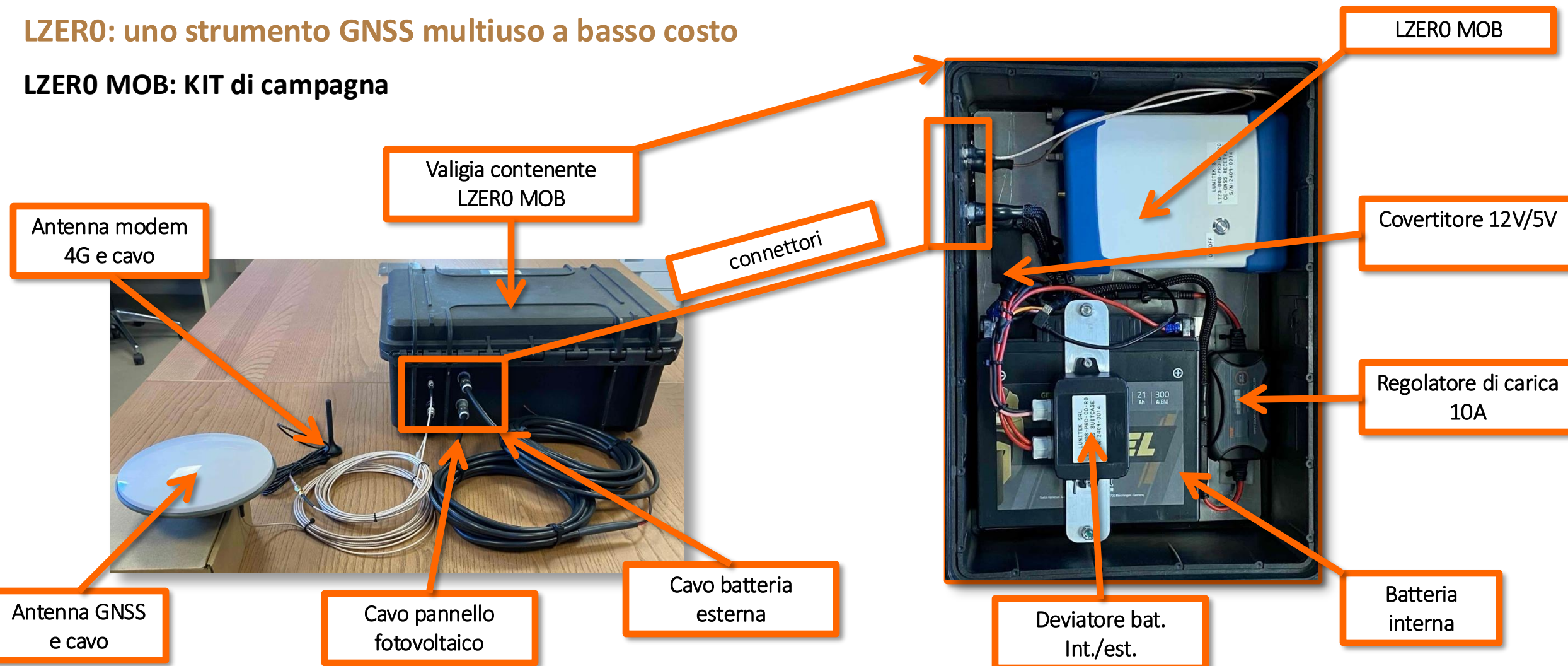


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

LZERO MOB: KIT di campagna





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

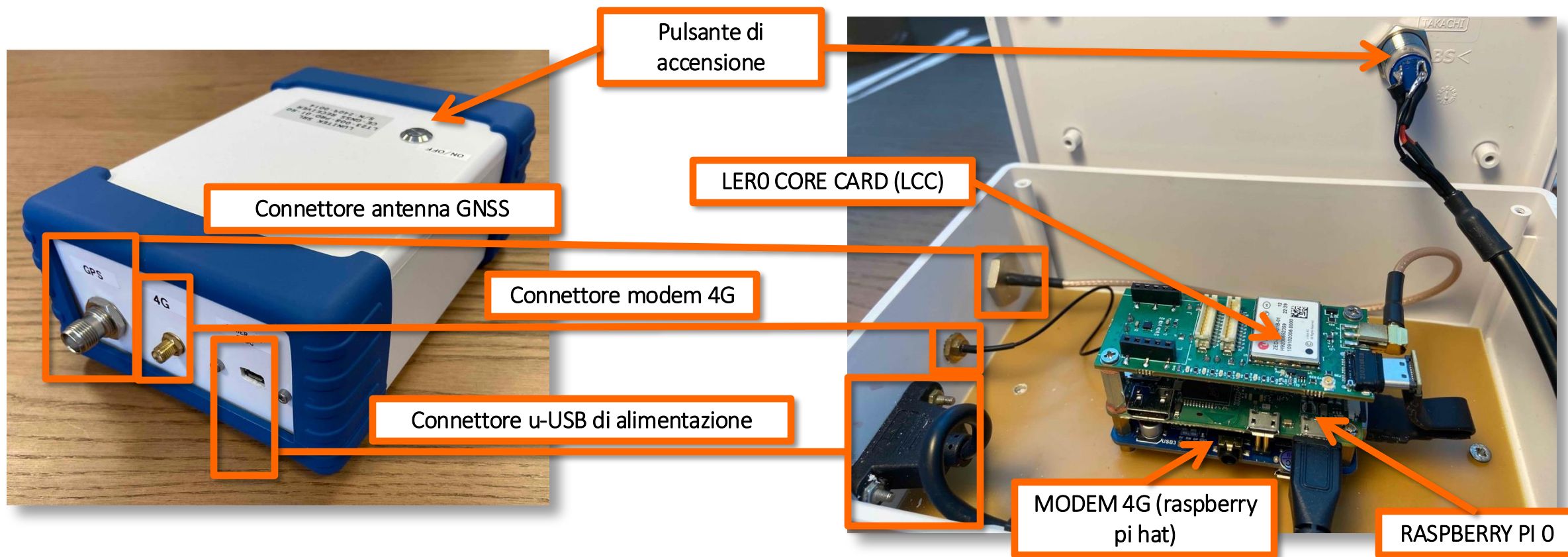


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

LZERO MOB: il dettaglio





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

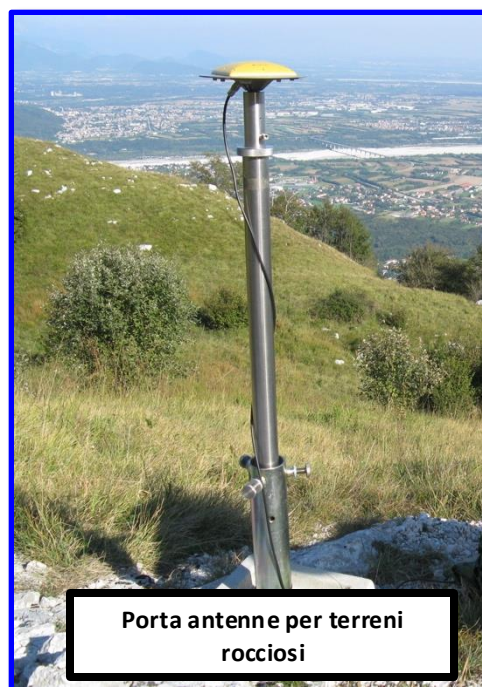


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

LZERO MOB: i supporti/monumenti antenna



Sistemi di ancoraggio antenne GNSS su terreni rocciosi e su terreni morbidi



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

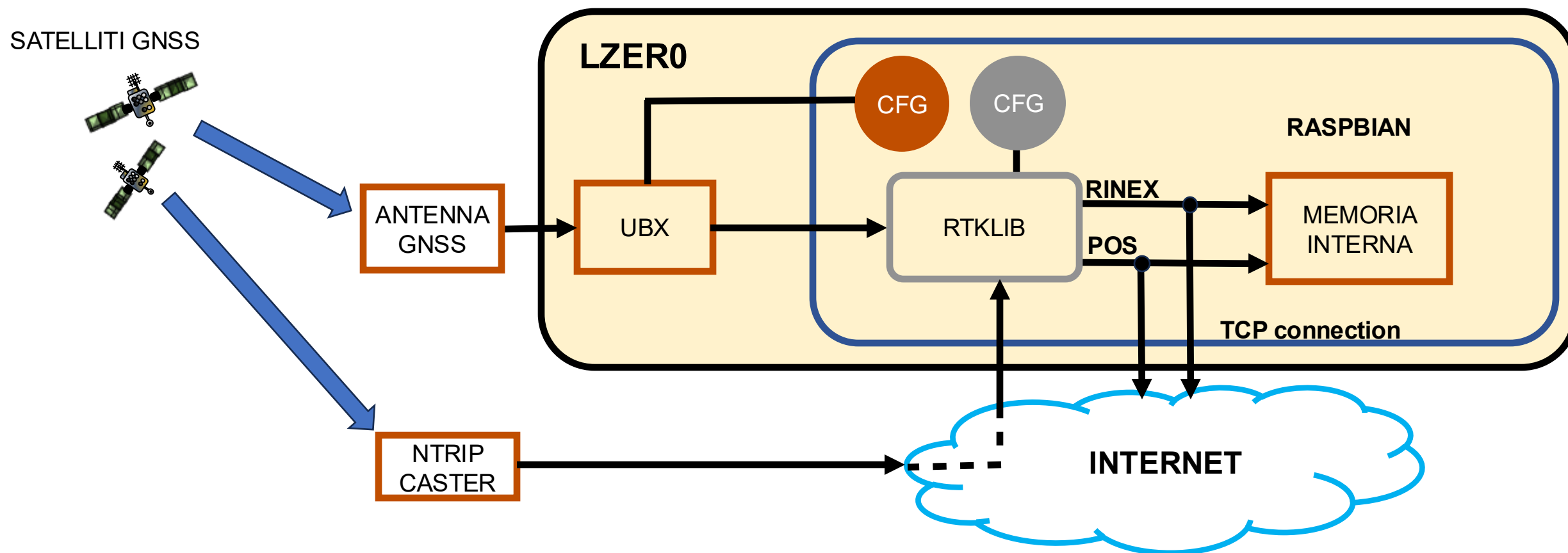


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Diagramma di flusso del funzionamento



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Configuratore centrale

Configure stations

Check status of stations

Aggiornamento stato strumenti

Deselect all

Change status

Tipo di accesso al chip U-BLOX

Change

Seleziona file di configurazione chip U-BLOX per configurazione multipla

Apply configuration

Select file: Scegli file Nessun file selezionato

Supported formats: .ubx, .txt

| Select | Name | Status | Current job | URL |
|-------------------------------------|--------------------|-------------|-------------|---------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | LZERO | ser2net | - | 2.234.152.104:36281 |
| <input type="checkbox"/> | test2 (no working) | unreachable | - | localhost:9999 |

Pulsante e check di selezione multipla

Lista strumenti configurati

Stato della strumentazione

Indirizzo IP e porta di accesso interfaccia strumento

Real time data for station LZERO

interfaccia di visualizzazione dati in tempo reale

interfaccia di configurazione e di gestione

Real time data

Real time data



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

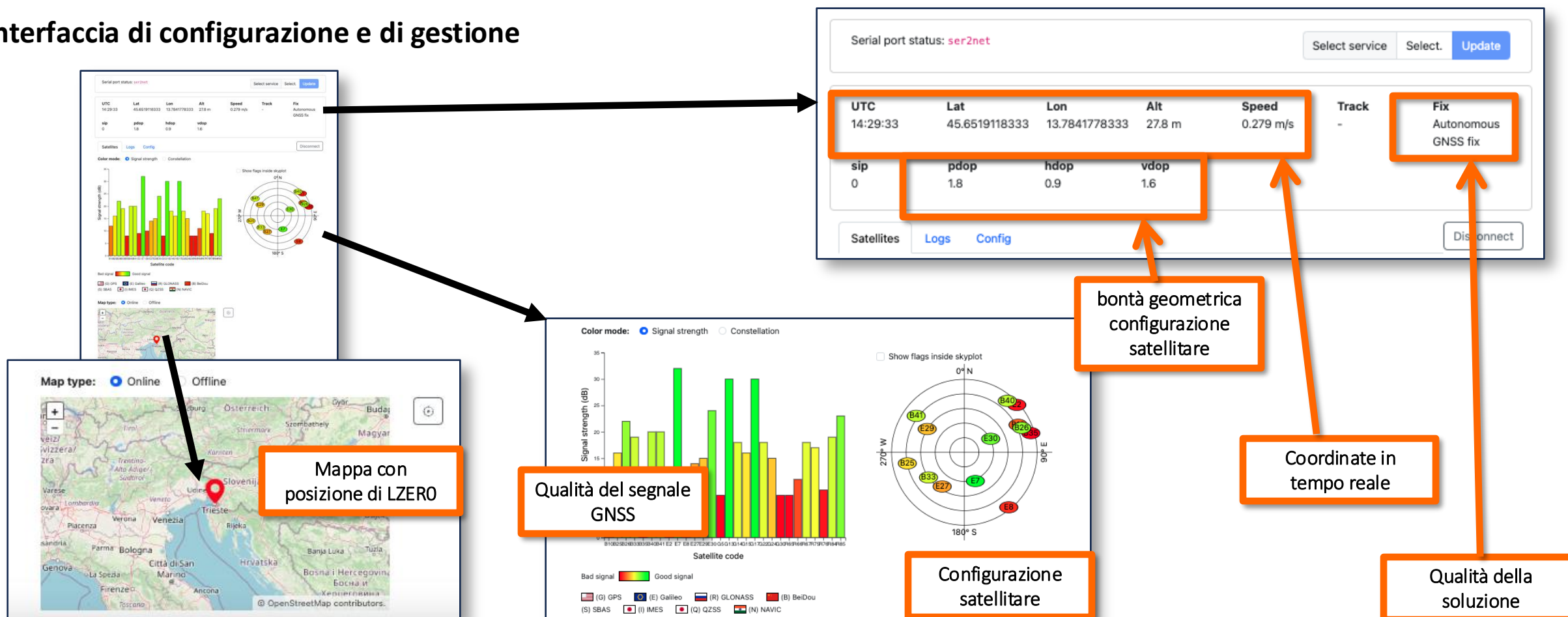


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZERO: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Interfaccia di configurazione e di gestione





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

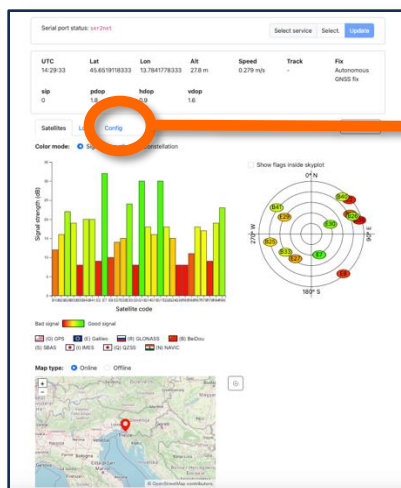


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZER0: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Interfaccia di configurazione U-BLOX



Configuratore U-BLOX

Configurazioni specifiche del
chipset U-BLOX ZED F9P

Satellites Logs **Config** Disconnect

Configuration Load/Save/Record

☒ load ☐ record

Select file: Nessun file selezionato

Supported formats: .ubx, .txt

CFG-PRT Protocol Configuration

Port ID

CFG-RATE Navigation Solution Rate Configuration

CFG-MSG Message Rate Configuration

CFG-* Generic Configuration

CFG-VALSET/DEL/GET Configuration Interface

Category



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

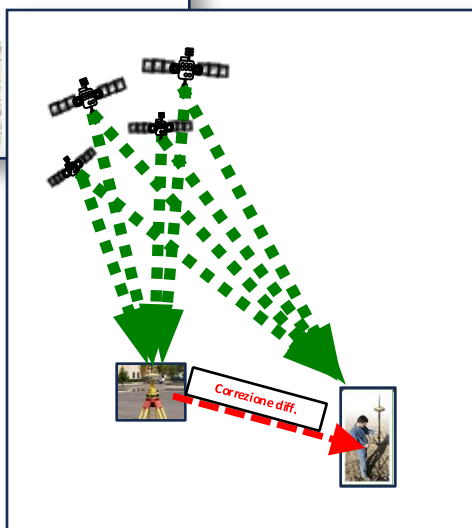
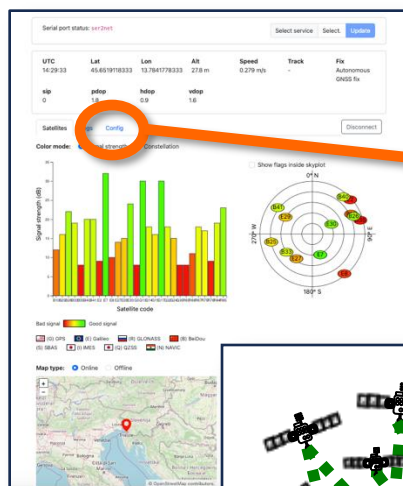


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



LZER0: uno strumento GNSS multiuso a basso costo

Interfaccia di configurazione RTKLIB



Inpstr#-path=[user]:[password]@[IP address]:[caster IP port]/[Mount point]

UTENTE

PASSWORD

INDIRIZZO IP
CASTER

PORTA TCP
CASTER

MOUNT POINT

Configurazioni specifiche di RTKLIB



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca dell'Ambiente



Bibliografia e sitografia

- Alberto Cina, GPS Principi, modalità e tecniche di posizionamento, Celid, maggio 2000
- Alberto Cina, Trattamento delle misure topografiche, Teoria ed esercizi, Celid, ottobre 2002
- Ludovico Biagi, I fondamenti del GPS, Geomatics Workbooks, Vol. 8, 2009 ISSN 1591-092X
- Laura Baratin, Vittorio Grassi, TOPOGRAFIA TEORIA APPLICAZIONI ESERCIZI, Pitagora Editrice 2010
- <http://www.navipedia.net>
- Zuliani D., Tunini L., Severin M., Bertoni M., Ponton C., & Parolai S. (2022). LZERO: A Cost-Effective Multi-Purpose GNSS Platform. Sensors, 22(21), 8314. <https://doi.org/10.3390/s22218314>
- Tunini L., Zuliani D., and Magrin A. (2022). Applicability of cost-effective GNSS sensors for crustal deformation studies. Sensors, 22(1), 350. <https://doi.org/10.3390/s22010350>
- Zuliani D., Tunini L., Di Traglia F., Chersich M., & Curone D. (2022). Cost-effective, single-frequency GPS network as a tool for landslide monitoring. Sensors, 22(9), 3526. <https://doi.org/10.3390/s22093526>



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Disclaimer

L'Autore/gli Autori è/sono pienamente responsabile/i di tutti i contenuti inseriti nella presentazione. I contenuti di questa presentazione (testo, grafica, immagini e altri materiali) non violano i diritti di terzi e sono nella piena e libera disponibilità, avendo acquisito da ogni eventuale terzo avente diritto su di essi espressa autorizzazione alla pubblicazione; pertanto saranno utilizzati per le finalità strettamente connesse al progetto GeoSciencesIR.



PNRR "GeoSciences IR" - Missione 4 "Istruzione e Ricerca" - Componente 2 "Dalla ricerca all'impresa"
Linea di investimento 3.1 "Fondo per la realizzazione di un sistema integrato di infrastrutture di ricerca e innovazione"
Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU. CUP: I53C22000800006

