

MeshCore: messaggistica off-grid con LoRa

Open Source meets open communication

GIUSEPPE TIRONE – IT9AKQ

LINUX DAY 2026

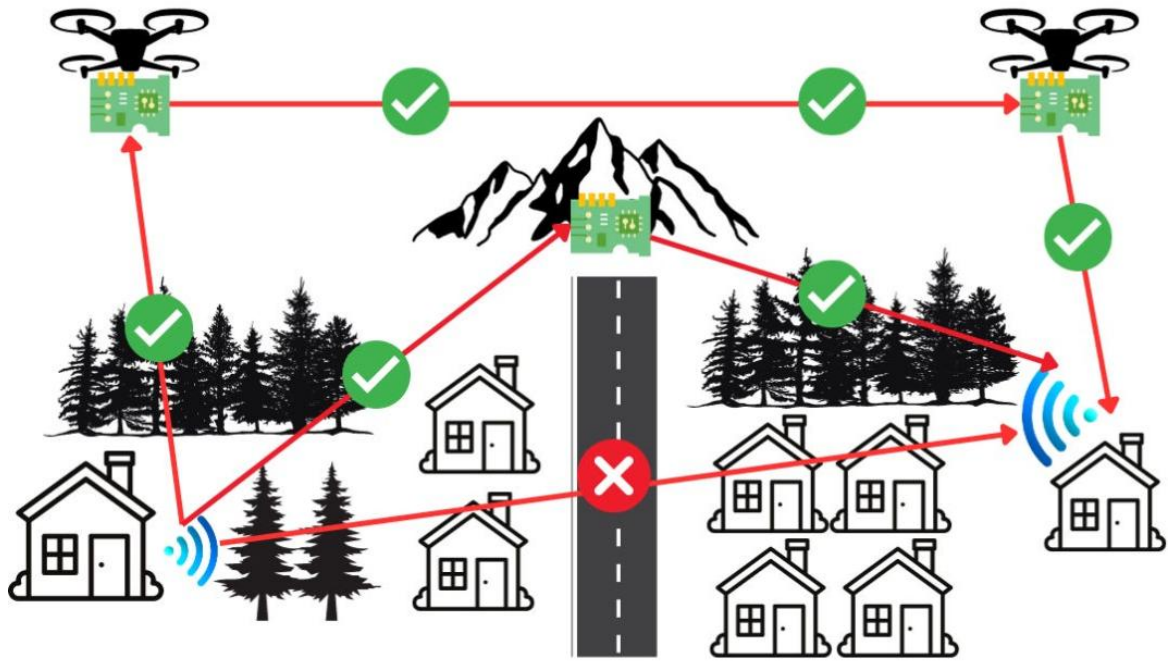
24/10/2026

Agenda

- *Off-grid* communication
- What is *LoRa*?
- The *MeshCore* platform
- How it works
- General limits & technical challenges
- Allowed frequencies & legal aspects
- Future prospects & conclusions

Off-Grid Communication

- Goal: talk when **GSM / internet** are unavailable (disasters, remote expeditions, isolated villages).
- **Capillary, low-cost infrastructure** owned and managed by the end-users.
- Example use-cases:
  - Mountain rescue teams.
  - Outdoor sports events in coverage-free zones.
  - Self-sufficient rural communities.



Why a Mesh Network?

Ogni giorno affidiamo i messaggi a infrastrutture che non controlliamo: ripetitori cellulari, ISP, cloud.

- Miliardi di messaggi transitano ogni giorno per data center, gateway e backbone gestiti da società private: noi non abbiamo visibilità su come, dove e da chi vengono instradati, filtrati o conservati i nostri dati.
- Non è solo una questione di privacy: è una questione di dipendenza. Il funzionamento della comunicazione è delegato a terzi, e se la loro infrastruttura crolla, resta il silenzio.

Cosa succede quando tutto si ferma?

- 🌊 **Alluvione / emergenza** (reti sovraccariche o giù): durante eventi come l'alluvione in Emilia-Romagna o a Valencia, le celle telefoniche sono crollate o si sono saturate di traffico, lasciando le persone senza modo di chiedere aiuto o farsi sentire dai propri cari.
- 🏔️ **Escursione in montagna** (zero copertura): in alta quota, lontano dai ripetitori, lo smartphone diventa un sassolino elegante: nessuna rete GSM, nessun dato, nessuna app di messaggistica funziona.
- 🔌 **Black-out elettrico**: senza alimentazione, i ripetitori cellulari e i nodi di rete smettono di funzionare entro poche ore; il router domestico ha una batteria di riserva di pochi minuti.
- 🏔️ **O più semplicemente… una valle senza segnale**: non serve una catastrofe — basta un'escursione, un festival in campagna, una zona rurale mal coperta, per ritrovarsi isolati dal mondo connesso.

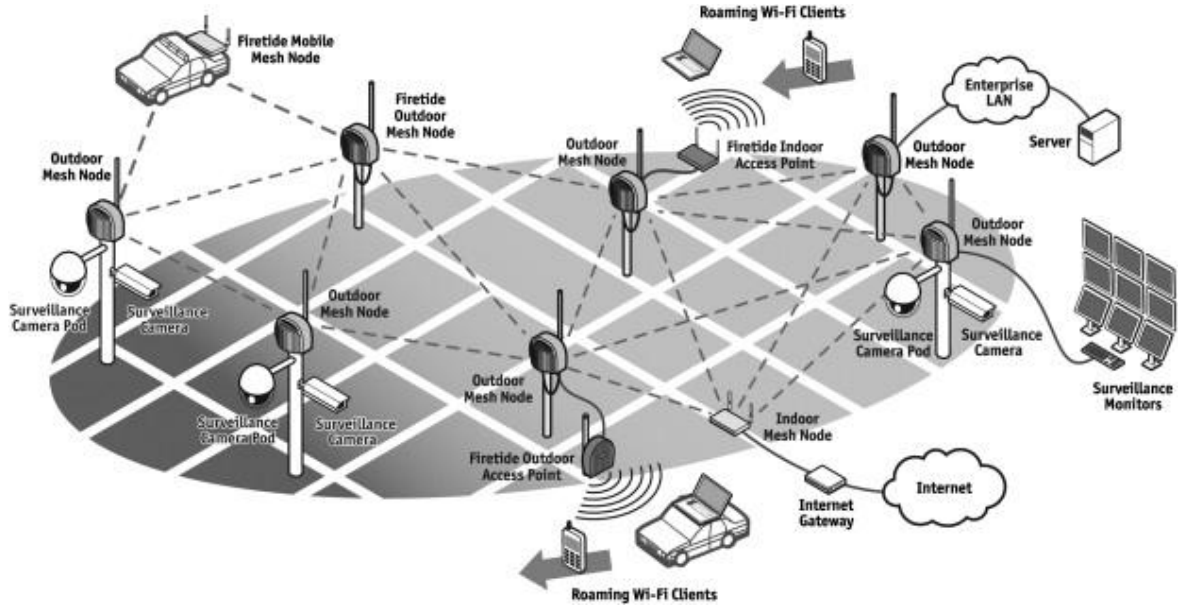
Serve una rete che esista anche senza infrastrutture.

- Una rete *self-hosted,* resiliente, che funzioni quando tutto il resto crolla: è esattamente lo spazio in cui MeshCore si colloca, portando la comunicazione direttamente nelle mani di chi la usa.

Why a Mesh Network?

A mesh network is a type of network where multiple devices, called nodes, interconnect to form a single system, enabling communication and data transmission via multiple paths.

- **Scalability** – every node can assume different roles.
- **Resilience** – the network stays alive even if some nodes fail.
- **Independence** from cellular or internet infrastructure (energy grid eventually).
- **Low cost** – hardware costs only a few tens of euros/dollars.
- **Active community** – forums, Telegram, Reddit, open-source projects.



What Is LoRa?

Not in our context! ☺



What Is LoRa?

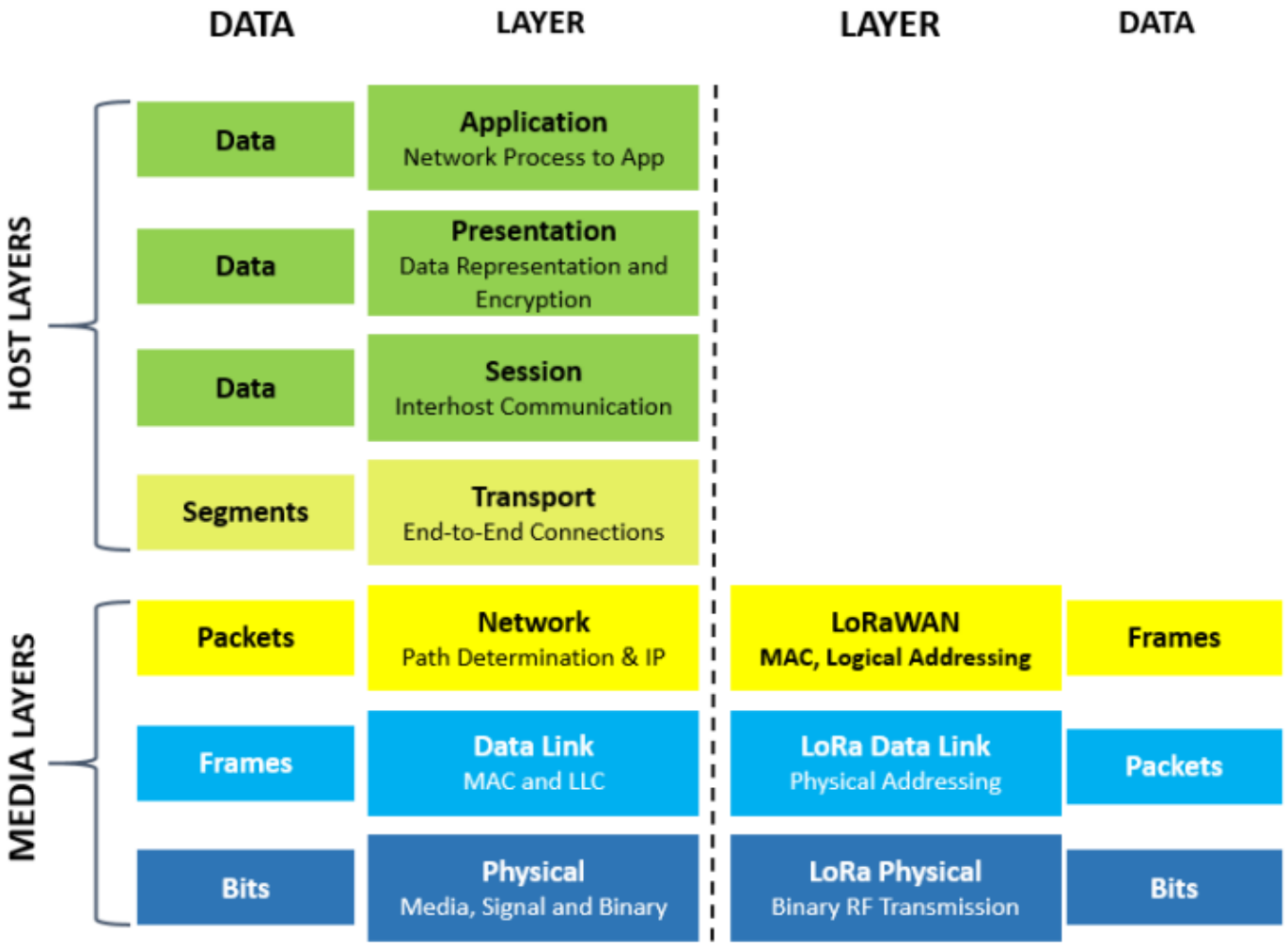
- LoRa: **Long Range radio for the Internet of Things (IoT)** – low-power, long-distance wireless communication link.
- Nicolas Sornin, Olivier Seller, François Sforza in 2010 started Cycleo company, later acquired by Semtech.
- **Modulation:** *Chirp Spread Spectrum* (CSS).
- **Typical range:** 2 – 15 km (open field), 0.5 – 5 km (urban).
- **Low data rate:** 300 bps – 50 kbps (small packets).
- **ISM bands:** 868 MHz (EU 868), 915 MHz (USA), 433 MHz (EU 433).



Core LoRa Characteristics

- **Very low power** ⟶ batteries last years
- **Low entry price** compared with cellular or proprietary radio solutions
- **Long range** thanks to LoRa + mesh “hop-by-hop”
- **No cellular dependency**
- **Flexibility & customization** (open-source firmware, configurable routing)
- **Scalable** – from a handful to hundreds of nodes
- **Physical layer** can be combined with LoRaWAN (star-gateway) **or** mesh routing (Meshtastic, MeshCore)
- **Global community** constantly sharing firmware, configs, field tests

LoRa in the OSI network model



The LoRa Physical Layer

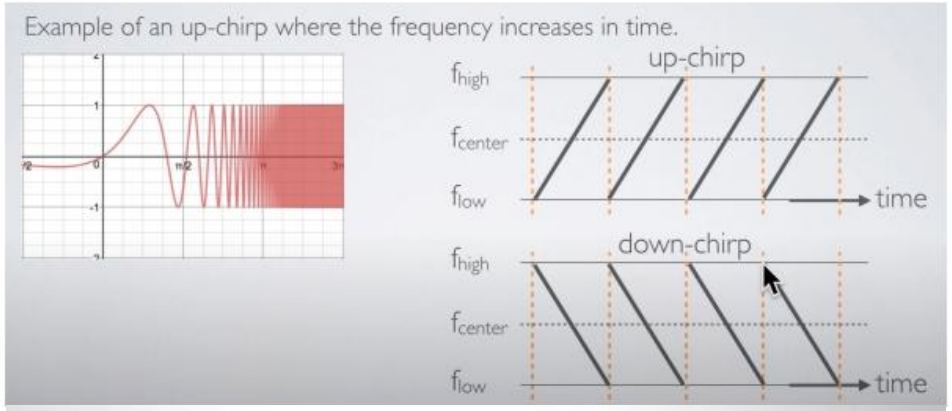
- **Come aumentare l'energia per bit?**
  - Agendo sulla potenza di trasmissione
  - Usando lo *spread spectrum* per codificare un bit su una banda larga
- LoRa usa lo **Spread Spectrum** per trasmettere i dati. I “codici” usati per la trasmissione sono chiamati "**Chirps**" da qui il nome della modulazione *Chirp Spread Spectrum*
  - Modulazione **CSS**
  - Ciò che inizialmente è stato sviluppato in Cycleo
- Il chirp spread spectrum è usato da decenni nelle comunicazioni militari e spaziali, grazie alle lunghe distanze raggiungibili e alla robustezza alle interferenze; LoRa è però la prima implementazione a basso costo per uso commerciale.
  - **Chirp**: Compressed High Intensity Radar Pulse

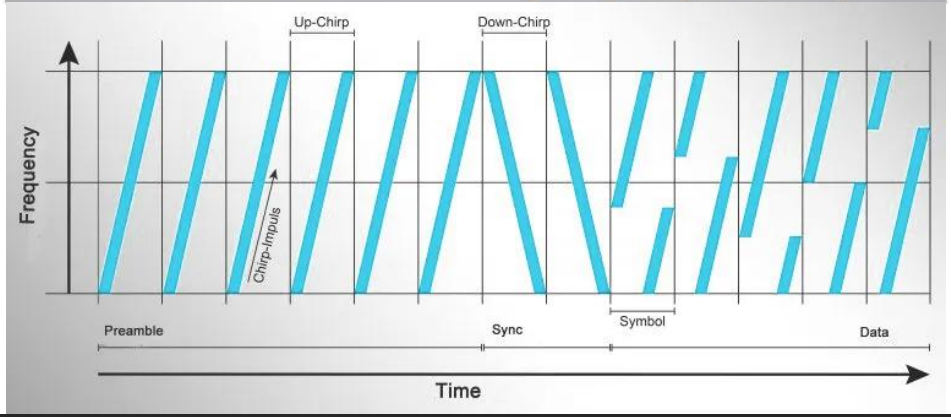
Fun fact:



LoRa Chirp Modulation

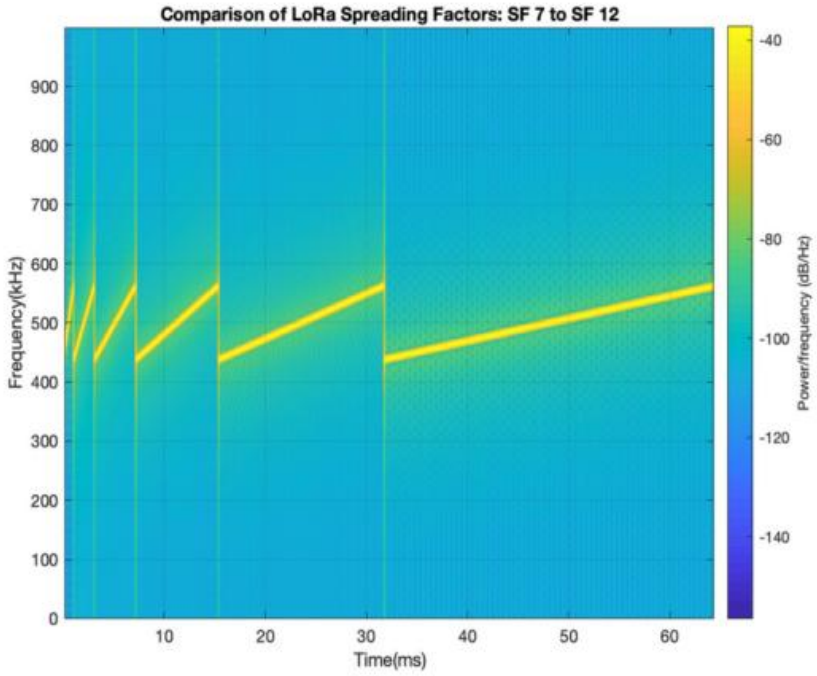
A chirp is a signal in which the frequencies increases (up-chirp) or decreases (down-chirp) with time





There are 2 critical factors:

- **Bandwidth (BW):** 3 possible values 125, 250, and 500 kHz.
- **Spreading factor (SF):** 6 values from SF7 to SF12



Kim, Dong-Hoon & Lee, Eun-Kyu & Kim, Jibum. (2019). Experiencing LoRa Network Establishment on a Smart Energy Campus Testbed. Sustainability. 11. 1917. 10.3390/su11071917.

LoRa Parameters

Parameter	What it Controls	Typical Values (EU-868)	Effect on Data Rate	Effect on Maximum Reach
Spreading Factor (SF)	Number of symbols per chirp – how long the symbol is "stretched" in time	SF 7 – SF 12 (SF 7 = fast, SF 12 = very slow)	↑ SF → **lower** data-rate (SF 7 ≈ 5 kbps, SF 12 ≈ 300 bps)	↑ SF → **higher** link-budget → longer range
Bandwidth (BW)	Width of the occupied RF slice	125 kHz, 250 kHz, 500 kHz	↑ BW → **higher** data-rate (e.g., 125 kHz @ SF 7 ≈ 5 kbps, 500 kHz @ SF 7 ≈ 20 kbps)	↑ BW → slightly **reduced** range (more noise, lower link-budget)
Coding Rate (CR)	Forward-error-correction redundancy (4/(4 + n))	4/5, 4/6, 4/7, 4/8 (CR = 1-4)	↑ CR → **lower** net data-rate (extra bits for protection)	↑ CR → **better** resilience to interference → modest range gain, especially in noisy environments

MeshCore Platform Overview

🌐 Progetto open source, licenza MIT — creato da Scott Powell (fine 2024), client web/mobile di Liam Cottle (sviluppati dopo il ciclone Gabrielle in NZ) https://github.com/meshcore-dev/MeshCore

- La licenza MIT permette di utilizzare, modificare e ridistribuire il codice liberamente, anche in progetti commerciali.

🔀 Una libreria C++ leggera e portabile per il routing multi-hop di pacchetti

- Il codice è minimale e ottimizzato per girare su microcontrollori con pochi KB di RAM, come l'ESP32 e il nRF52840.

📻 Trasforma dispositivi LoRa economici in nodi di una mesh decentralizzata con crittografia end-to-end

- Bastano moduli LoRa da 15-30 € (es. Heltec, LilyGO T-Deck, RAK WisBlock) per creare un nodo funzionante.
- La rete è auto-organizzante.

🚫 Niente SIM, abbonamenti, server, infrastrutture proprietarie

- MeshCore non dipende da gestori telefonici né da data center: tutta l'intelligenza della rete è distribuita nei nodi stessi.
- Ideale per zone senza copertura, aree montane, escursioni, situazioni di emergenza o scenari in cui censura o blackout di rete sono un rischio.

🔋 Dispositivi a bassissimo consumo → batteria / solare

- I nodi possono consumare solo pochi milliampere in standby, arrivando a funzionare settimane o mesi con una piccola power bank, e all'infinito con un piccolo pannello solare da 5 W.
- Questo rende possibile installare nodi ripetitori permanenti in cima a colline o tetti, senza alcun cablaggio, formando un'infrastruttura di comunicazione con garanzia di resilienza.

How it works

📨 Inoltro hop by hop

- Ogni nodo ritrasmette i messaggi al prossimo della catena: il collegamento radio si estende ben oltre la portata del singolo dispositivo, da pochi chilometri a decine.

🔁 Protocollo di routing auto-riparante

- Se un nodo sparisce, la rete si riorganizza da sola trovando percorsi alternativi: nessun punto unico di guasto.

🛰️ Niente internet, niente server centrali

- La rete è la somma dei nodi: ideale dove le telecomunicazioni tradizionali collassano o non arrivano mai.

📬 Routing strutturato + store-and-forward

- Percorsi logici definiti e messaggi memorizzati temporaneamente se il destinatario è irraggiungibile: meno collisioni, meno ritrasmissioni.

🎚️ Efficienza in banda

- Niente flooding caotico: si instrada solo lungo i percorsi utili, così il canale resta libero e le batterie durano di più.

Meshcore Roles

📱 Companion

- È il dispositivo "personale" che accompagna l'utente: si collega al telefono o al PC tramite BLE (Bluetooth Low Energy) o cavo USB, e fa da ponte tra l'app MeshCore e la rete radio.
- Esistono due varianti: il companion in modalità normale, che si limita a inviare e ricevere i propri messaggi senza ripetere il traffico altrui (risparmiando batteria), e il companion repeater (in scenari emergenziali), che invece partecipa attivamente al relay della mesh anche mentre è in tasca.
- Ruolo per chi vuole solo "usare" la rete, ad esempio con device standalone o con un device headless collegato allo smartphone via Bluetooth.

📡 Repeater

- Il nodo "infrastrutturale" della rete
- Progettato per funzionare 24/7
- Installazione in alture o cabinet tecnici.
- Più repeater ben posizionati = una mesh capillare e resiliente, capace di aggirare gli ostacoli instradando dinamicamente i messaggi lungo percorsi alternativi.

🏠 Room Server

- Una "stanza" persistente sulla rete, il concetto più vicino a un canale Telegram, a un canale IRC off-grid o una BBS.
- Archivia i messaggi che riceve e li inoltra a chi si connette successivamente, grazie al meccanismo store-and-forward.
- Può girare su un nodo dedicato a basso consumo o persino su un dispositivo solare come i repeater.

Crittografia e client

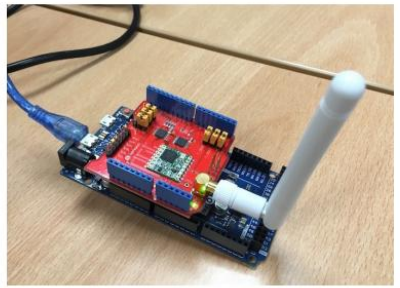
- **Crittografia end-to-end dei messaggi**
  - Il nodo intermedio non legge il contenuto.
  - Crittografia asimmetrica e simmetrica (per scopi differenti).
  - I nodi ripetitori vedono soltanto metadati di routing, mai il testo in chiaro.
- **Canali pubblici (flooding) e conversazioni private (routing diretto)**
  - Nei canali pubblici il messaggio viene propagato in broadcast a tutti i nodi della rete che condividono la stessa chiave di canale
  - nelle conversazioni private il messaggio segue un percorso mirato verso il destinatario, risparmiando airtime e batteria.
- **Client disponibili**
  - la stessa rete è accessibile da dispositivi molto diversi, senza vincoli di piattaforma:
    - 🌐 Web app (browser).
    - 📱 Android / iOS.
    - 💻 CLI e terminale seriale — per gli smanettoni: un'interfaccia a riga di comando e un terminale testuale sulla porta seriale, perfetti per Raspberry Pi, sistemi headless o automazioni tramite script.

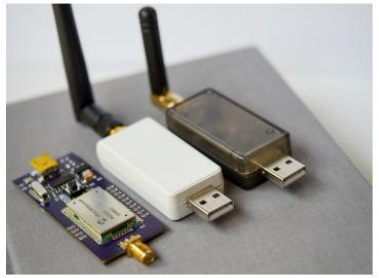
Self-Sufficient LoRa Node

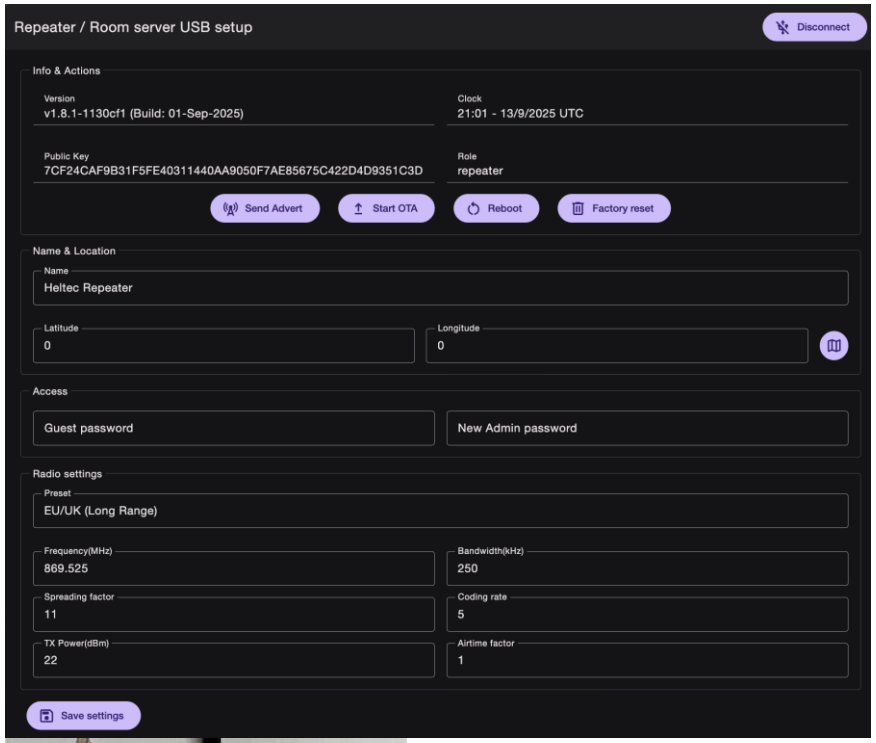
- **Hardware:** ESP32 + LoRa radio (RAK, TTGO, Heltec V3, etc.).
- **Power:** solar panel + battery ⟶ months of autonomy.
- **Functions:** transmit, receive, **mesh routing**, optional built-in sensors.

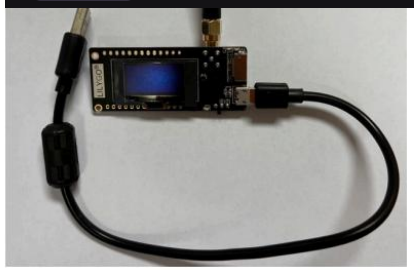












LoRa Frequency Bands & Allocation

Main points	Details
LoRa modulation	Frequency-agnostic (like FM – you can “tune” to any authorised band).
Free-use bands in Europe	• 433 MHz (EU 433) • 862 – 874 MHz (EU 868) – subdivided into sub-bands with specific limits.
Reference standard	CEPT ECC ERC 70-03 (contains all technical notes for the EU ISM bands).
Italian adoption	Italy follows the EU recommendations through the national **Piano Nazionale di Ripartizione delle Frequenze** (PNRF) (D.M. 31 AGOSTO 2022).

Compliance means respecting **both** the ERP ceiling **and** the duty-cycle limit for the exact sub-band you operate in.

Legal Framework

Band	EU ISM allocation (CEPT ECC ERC 70-03)	Typical sub-bands & limits (EU)	Italian PNRF (Table B) – Service class	Max ERP*	Duty-cycle (per hour)
433 MHz (EU 433)	433.050 – 434.790 MHz (free-use)	• 433.05-433.92 MHz – 10 mW ERP, 1 % DC • 433.92-434.79 MHz – 25 mW ERP, 10 % DC (optional in some states)	**110 A** (low-power services)	≤ 10 mW (14 dBm) – most restrictive limit used in Italy	≤ 1 % (≤ 0.6 min/h) – default; higher DC only where national rules allow
868 MHz (EU 868)	862 – 874 MHz (free-use) several sub-bands	• 862-868 MHz – 25 mW ERP, 1 % DC • 868-868.6 MHz – 25 mW ERP, 10 % DC • 868.7-869.2 MHz – 25 mW ERP, 1 % DC • **869.4-869.65 MHz – up to 500 mW ERP, 10 % DC** (the "medium-fast" slot used by Meshtastic)	**110 B** (short-range devices)	≤ 500 mW (27 dBm) for the 869.4-869.65 MHz slice; ≤ 25 mW for the other sub-bands	≤ 10 % (≤ 6 min/h) for 869.4-869.65 MHz; ≤ 1 % or 10 % for the other slices as indicated above

La banda EU868: una risorsa comune

- La banda ISM sub-GHz (863–870 MHz) è una porzione di spettro radio destinata agli usi industriali, scientifici e medici (ISM)
  - utilizzabile in Europa senza licenza e senza canoni: basta rispettare poche regole tecniche.
  - È la stessa banda usata da altri sistemi diffusi come LoRaWAN, Sigfox e dai radiotelemetri domestici, il che la rende ideale per progetti open come MeshCore.

- Le regole fondamentali sono fissate dall'ETSI (EN 300 220) e vanno rispettate per operare legalmente:
  - ⏱️ **Duty cycle limitato** — Ogni dispositivo può trasmettere solo per una frazione del tempo (tipicamente 1%): una regola anti-congestione, non un ostacolo.
  - 📶 **Poca potenza, grande portata** — Massimo ~500 mW ERP (+28 dBm): grazie alla modulazione LoRa i segnali arrivano a decine di chilometri, anche extraurbani.
  - 📐 **Canali dedicati** — MeshCore adotta frequenze di lavoro proprie all'interno della banda, per ridurre le collisioni con i sistemi già presenti sul territorio.

- **Le buone pratiche contano quanto le regole scritte:** Messaggi brevi, poco airtime, niente spam: se tutti ne abusano si degrada per tutti; se tutti la usano bene, resta affidabile per l'intera comunità off-grid.

- **Legale, libero, ma da usare bene:** la qualità della rete dipende dal comportamento di ciascuno.

- **È una risorsa condivisa**: se tutti ne abusano, si degrada per tutti; se tutti la usano con criterio, rimane affidabile per l'intera comunità *off-grid*.

Practical checklist for a compliant LoRa node

1. **Impostare la potenza radio ≤ 28 dBm** (es. 21 dBm è un valore predefinito sicuro).
2. **Configurare le finestre di trasmissione** in modo che l'*airtime* cumulato sia ≤ 6 minuti all'ora (Meshcore include già il rispetto del *duty cycle*).
3. **Utilizzare la frequenza corretta** secondo la normativa italiana.
4. **Documentare la propria configurazione** (livello di potenza, piano del duty cycle) in caso di verifica da parte dell'autorità per lo spettro.

Esempio: Il canale 869.525 MHz è aperto legalmente al pubblico in Italia, ma solo nel rispetto dei limiti di 500 mW ERP e 10% di duty cycle. Rispettare questi limiti garantisce che la rete rimanga a uso libero, interoperabile e conforme sia alle normative UE che nazionali.

Perchè dovrebbe interessare?

🛡️ **Sovranità comunicativa**

- La rete la costruisci e la controlli tu: nessun operatore, nessun server, nessuno che possa spegnere, censurare o raccogliere i tuoi metadati.

💰 **Costo minimo**

- Hardware da ~20-30 €, software 100% open (MIT): niente abbonamenti, niente paywall, il codice resta tuo.



🌞 **Consumo minimo**

- Giorni o settimane di autonomia in batteria; con un piccolo pannello solare il nodo resta in funzione 24/7, per sempre.

🧩 **Open stack completo**

- Firmware, protocollo e crittografia interamente ispezionabili: vuoi verificarlo? Leggi il codice. Vuoi personalizzarlo? Il repository è aperto.

🤝 **Comunità attiva**

- Documentazione curata, GitHub vivo, community locali: più gente partecipa, più la rete cresce.

Fine? No, è l'inizio!



🌐 meshcore.io

- punto di partenza ufficiale: il flasher web, la documentazione e i collegamenti alle app per Android, iOS e web client;

💾 GitHub - github.com/meshcore-dev/MeshCore

- il codice della libreria C++ e dei firmware (Companion, Repeater, Room Server) è tutto lì: aperto, leggibile, con una community attiva che accoglie pull request e segnalazioni;

👥 Iniziate in due

- comprate due schede che fungano da companio e una come repeater, fate il flashing in cinque minuti dal browser, piazzate il repeater e provate la magia: due dispositivi che si parlano a chilometri di distanza, senza che nessuno vi stia ascoltando (letteralmente, grazie alla crittografia end-to-end);

🏔️ Contribuite alla rete

- se potete, installate un ripetitore in posizione elevata: un solo nodo ben piazzato può trasformare una sperimentazione locale in una rete realmente utile per la comunità.

Il JRC Radio Club di Ispra è attivo su MeshCore,
segui le nostre attività https://www.jrcradioclub.eu/

That’s all! Any question?

