Maurizio Diana
IU5HIV

Sperimentare "LoRa" in radio

Tracker, gateway e reti per radioamatori

Negli ultimi anni la comunità dei radioamatori ha mostrato un crescente interesse verso tecnologie che permettono comunicazioni off-grid, autonome e resilienti particolarmente utili in situazioni di emergenza, in ambienti remoti o dove le infrastrutture tradizionali (internet, reti cellulari) non sono disponibili. In questo scenario, le soluzioni basate su LoRa mesh e Meshtastic rappresentano una frontiera affascinante: consentono di creare reti radio decentralizzate in cui ogni nodo agisce sia da emittente che da ripetitore, ampliando progressivamente la copertura senza necessità di server centrali. La tecnologia LoRa (Long Range) utilizza modulazioni Chirp Spread Spectrum (CSS) e bande sub-GHz libere (in Europa tipicamente 868 MHz) per realizzare collegamenti a lungo raggio con consumi energetici minimi. Sebbene LoRa sia largamente impiegata nel mondo IoT (Figura 1) tramite architetture LoRaWAN, la possibilità di implementare topologie mesh attive, dove i nodi instradano il traffico, è stata finora meno comune. Questa evoluzione ha ricevuto forte impulso con il progetto Meshtastic, una piattaforma open source che consente di creare reti mesh autonome con dispositivi economici. In Italia diverse sezioni ARI e gruppi sperimentali stanno già integrando LoRa/Meshtastic con sistemi consolidati come APRS e reti radio di emergenza.

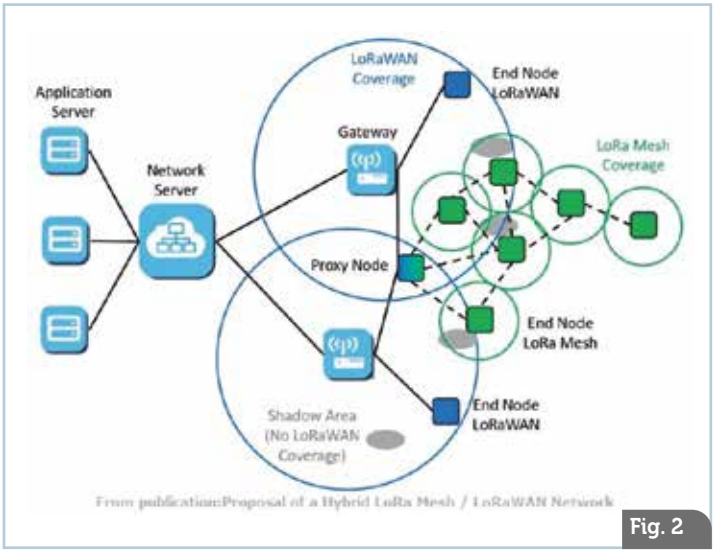

Fig. 2

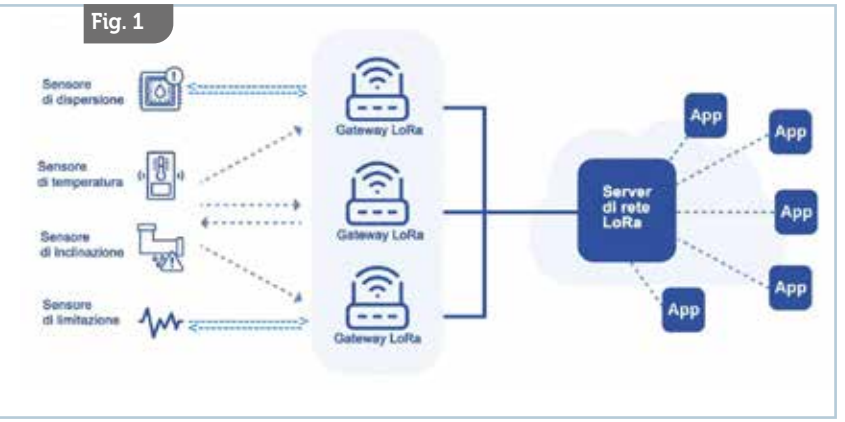

Fig. 1

La tecnologia LoRa e l'evoluzione verso il mesh (Figura 2)

Alla base delle soluzioni mesh c'è la tecnologia LoRa, che grazie alle modulazioni CSS garantisce robustezza anche in presenza di disturbi. Offre un equilibrio tra copertura a lungo raggio e basso consumo ma a scapito della velocità di trasmissione. Le reti operano nelle bande ISM (Industrial, Scientific, Medical), soggette a limiti di

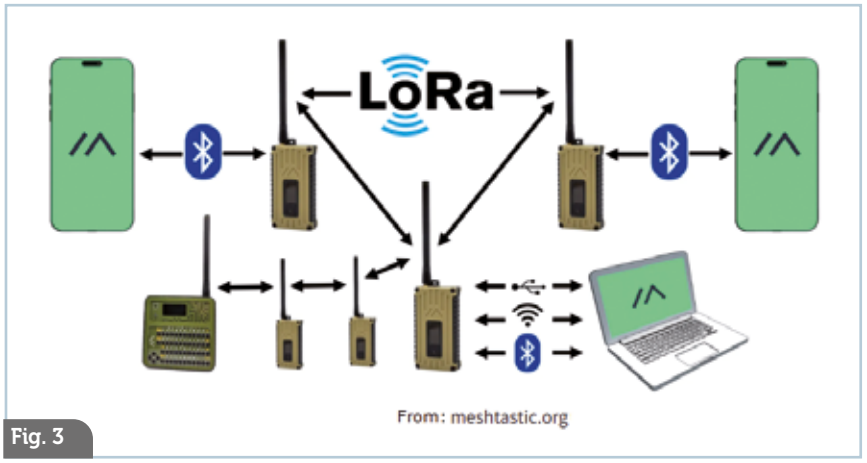

Fig. 3

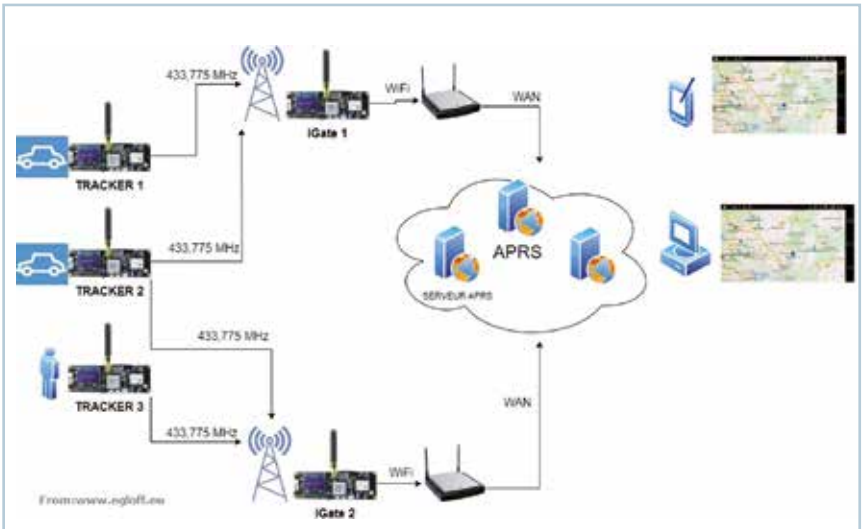

Fig. 4

potenza e tempo di trasmissione, che devono essere rispettati anche nelle sperimentazioni radioamatoriali. Nel modello LoRaWAN, i nodi finali comunicano verso gateway collegati a server centralizzati. L'approccio mesh, invece, consente ai nodi di partecipare attivamente all'instradamento del traffico, creando reti auto-riparanti: se un nodo non è raggiungibile direttamente, i messaggi trovano percorsi alternativi. Un'architettura tipica prevede nodi con ruoli distinti: client o terminale, che invia e riceve messaggi ma non instrada traffico per altri; router o backbone, che funge da nodo infrastrutturale e rilancia i messaggi; gateway, che collega la rete mesh a Internet o a un server (es. MQTT). Invece nelle reti Meshtastic, questi ruoli sono flessibili: un nodo può comportarsi contemporaneamente da client, router o gateway, in base alla configurazione e alle risorse energetiche. La sfida principale è ottimizzare l'instradamento dinamico, riducendo latenza e consumo radio, mantenendo però percorsi resilienti. Algoritmi di routing efficienti e una buona pianificazione della topologia sono essenziali per ottenere prestazioni stabili, specialmente in scenari con nodi mobili o alimentati a batteria.

Meshtastic: un ecosistema radio mesh open source (Figura 3)

Meshtastic nasce per consentire comunicazioni indipendenti da infrastrutture centralizzate, basandosi su hardware economico (moduli ESP32 + radio LoRa) e firmware open source. Il sistema permette di inviare messaggi di testo, posizione GPS e dati sensoriali anche a chilometri di distanza, con dispositivi tascabili e bassi consumi. La comunità internazionale fornisce firmware aggiornati e applicazioni per Android, iOS e PC, consentendo di configurare e visualizzare la rete in tempo reale. Ogni nodo può condividere automaticamente la propria posizione, inoltrare messaggi di altri utenti e fungere da ponte radio tra zone non coperte. Uno degli aspetti più apprezzati è la scalabilità spontanea: basta aggiungere nuovi nodi affinché la rete si estenda in modo organico. Non è necessario un punto di accesso fisso o un server centrale, il che rende Meshtastic ideale per comunicazioni di emergenza e soccorso, escursioni e spedizioni in aree remote, eventi o raduni senza rete cellulare, sperimentazioni radioamatoriali e progetti educativi. Il sistema supporta inoltre gateway Internet che permettono di interconnettere più mesh geograficamente separate o di pubblicare dati (via MQTT o API) su server remoti. Questa caratteristica lo rende un ponte tra il mondo radio tradizionale e l'infrastruttura digitale.

Aspetti normativi, sperimentazioni italiane, APRS

Dal punto di vista normativo, i dispositivi LoRa operano nelle bande ISM 868 MHz, soggette a vincoli di potenza (max 14 dBm) e duty cycle (generalmente 1%). I radioamatori possono condurre sperimentazioni tecniche anche su porzioni di banda limitrofe, purché rispettino le norme del Codice delle comunicazioni elettroniche. In Italia diverse sezioni ARI e gruppi indipendenti stanno testando Meshtastic per creare reti locali di supporto alle comunicazioni di emergenza, con nodi posizionati su alture o tetti di edifici per ampliare la copertura. Alcuni progetti speri-

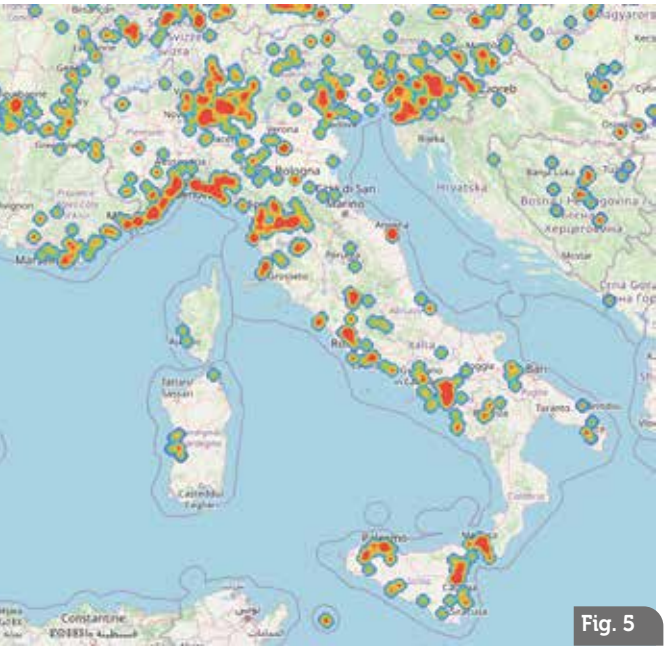

Fig. 5



Fig. 6



Fig. 7

mentano l'integrazione con APRS-IS, MQTT e piattaforme di mappatura interattiva per visualizzare i nodi attivi in tempo reale. Queste reti, pur ancora sperimentali, mostrano il potenziale di LoRa mesh come tecnologia complementare ai sistemi radio classici: un approccio leggero, economico e decentralizzato che valorizza la collaborazione tra operatori radio e sviluppatori software. In ambito radioamatoriale, la tecnologia **LoRa (Long Range)** viene sempre più spesso integrata con il sistema **APRS (Automatic Packet Reporting System)** per realizzare reti di trasmissione dati a lungo raggio(Figura 4), a basso consumo e con infrastrutture leggere, in figura 5 e figura 6 vedete panoramiche di copertura sull'Italia . Questa combinazione, nota come **LoRa-APRS**(tipicamente su 433–434 MHz o su 868 MHz in alcune implementazioni), permette di inviare in tempo reale informazioni di posizione, telemetria e messaggi digitali anche in aree prive di copertura radio tradizionale o internet, consentendo di trasmettere pacchetti APRS attraverso moduli LoRa, che fungono da **iGate/Digipeater** (in figura 7 un esempio di Andy M1NER e in figura 8 un diagramma)o semplici **tracker** LoRa-APRS, incorpo-

Fig. 8

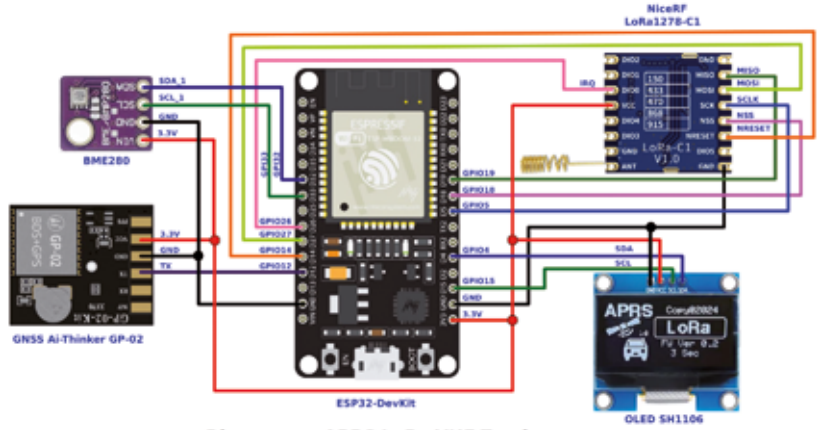

Diagramma APRS LoRa VHF Tracker con ESP32-DevKit + LoRa1278-C1 + GNSS GP-02

rando il formato APRS (packet, indirizzamento, commenti) nel canale LoRa Il segnale LoRa può coprire distanze ben più ampie rispetto a un segnale APRS in VHF "di superficie" nelle stesse condizioni, e con un consumo energetico ridotto, risultando utile per estendere la copertura di zone remote, collinari o montane. Tra gli appassionati è attivo il gruppo Lora Italia – Meshtastic, che promuove l'uso di nodi LoRa a basso costo (15-30 €) con lo scopo di tessere una rete nazionale decentrata. Questo gruppo sperimenta il paradigma mesh in ambito ludico, didattico e alternativo alle reti tradizionali. L'integrazione tra LoRa e Meshtastic rappresenta una delle innovazioni più interessanti nel panorama delle comunicazioni autonome: grazie alla semplicità hardware, al basso consumo e alla natura open source, è possibile realizzare reti radio resilienti e adattabili a molteplici scenari e per i radioamatori questa tecnologia offre un nuovo campo di sperimentazione, dove competenze di elettronica, informatica e radiotecnica si fondono in modo naturale. Con il progredire delle versioni firmware e la crescita della comunità, Meshtastic promette di diventare un pilastro nelle comunicazioni off-grid, contribuendo a rendere le reti radio più intelligenti, distribuite e accessibili a tutti.

Ecco alcuni link per chi vuole approfondire.

Gruppo Radio Firenze Descrizione dei progetti LoRa-APRS seguiti, hardware, frequenze, esempi pratici https://www.grupporadiofirenze.net/;

Sperimentazione LoRa APRS (Sarimesh) Documentazione, SW, immagini firmware per dispositivi HW supportati, esempi pratici del progetto Sarimesh https://www.sarimesh.net/;

Lora Italia – Mesh performances Descrizione del progetto Meshtastic, test reali, strumenti di monitoraggio, configurazioni https://www.loraitalia.it/.