

Inria

Exercice Scientifique et technique

Communication sans infrastructure réseau: Meshtastic

Elkilani Narmin

Sommaire



1. **Communication sans infrastructure réseau**
2. **Solutions de communication sans infrastructure réseau**
3. **Réseaux Mesh**
4. **Meshtastic**
 - a. **LoRa**
 - b. **Protocole de routage**
 - i. **Diffusion**
 - ii. **Messages directes**
 - c. **Evaluation de Meshtastic**
5. **Relation avec le cours**
6. **Références**

1. Communication sans infrastructure réseau

Lors de catastrophes naturelles ou dans des zones isolées, les réseaux cellulaires ou Internet peuvent être indisponibles.

Comment communiquer lorsque l'infrastructure réseau n'est plus disponible ?



2. Solutions de communication sans infrastructure réseau

Solution	Avantages	Limitations
Téléphones satellites	<ul style="list-style-type: none">- Couverture mondiale- Adaptés aux zones isolées et aux situations d'urgence	<ul style="list-style-type: none">- Coût élevé (≈ 1000 €)
Radios amateurs (Ham radio)	<ul style="list-style-type: none">- Communication longue distance- Réseaux très robustes	<ul style="list-style-type: none">- Nécessitent une licence et des connaissances techniques
talkies-walkies	<ul style="list-style-type: none">- Faciles à utiliser	<ul style="list-style-type: none">- Portée limitée (~ 5 km)
Réseaux mesh radio	<ul style="list-style-type: none">- Réseaux décentralisés- Permettent la transmission de messages entre nœuds	<ul style="list-style-type: none">- Nécessite plusieurs utilisateurs pour maximiser la couverture- La portée dépend de la technologie radio utilisée

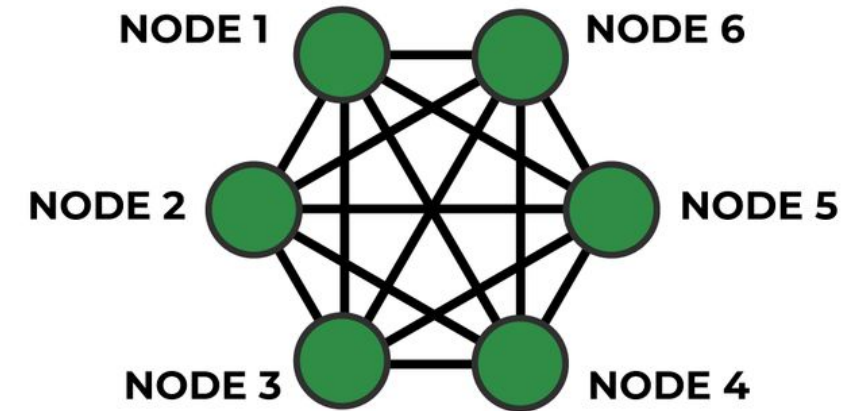
3. Réseaux mesh

Un réseau mesh est un réseau décentralisé où les nœuds relayent les messages entre eux.

Les données peuvent emprunter plusieurs chemins pour atteindre leur destination.

Avantages:

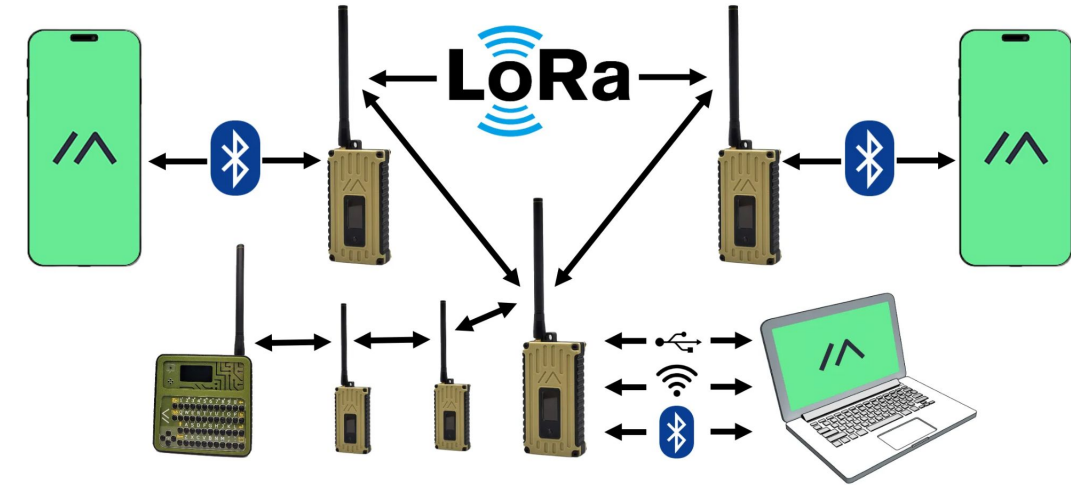
- Pas d'infrastructure centrale
- Tolérance aux pannes
- Réseau extensible



Architecture d'un réseau mesh

4. Meshtastic

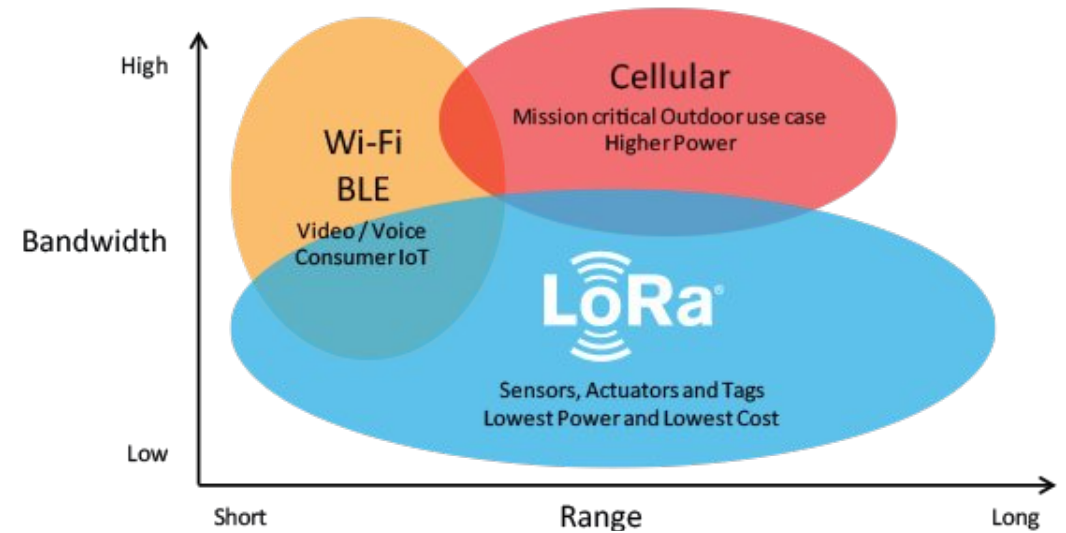
- Communication longue portée sans infrastructure réseau
- Les nœuds radio forment un réseau mesh
- Sans licence
- Basé sur le protocole radio LoRa (Long Range)
- Meshtastic gère le routage jusqu'à la couche applicative
- Open source
- Peu coûteux (à partir d'environ 13 €)
- Aucune infrastructure nécessaire : pas d'antennes cellulaires, Wi-Fi ou Internet
- Usages : urgence, pas de couverture d'internet, ...



<https://meshtastic.org/>

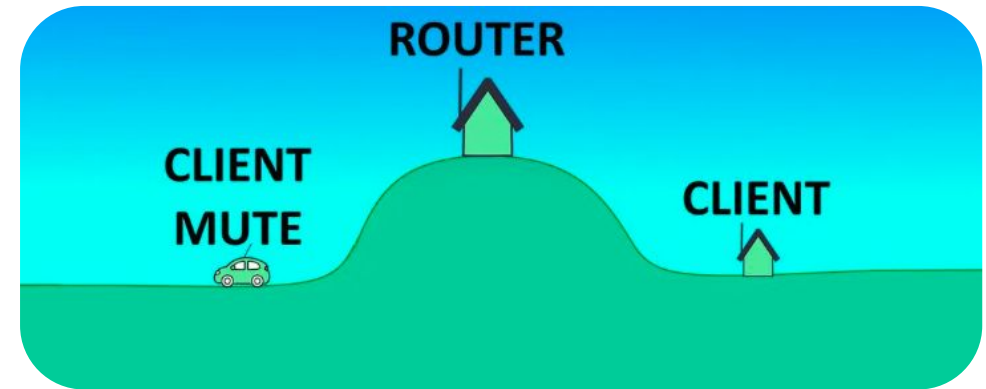
a. LoRa

- LoRa (Long Range) est une technologie de communication radio physique propriétaire.
- Utilise des bandes de fréquences radio sub-GHz sans licence
 - 433 MHz en Europe
 - 915 MHz en Amérique du Nord
- Débit de données : 11 bps à 21,88 kbps
- Portée : jusqu'à 4,8 km en zone urbaine, et jusqu'à 16 km en zone rurale



b. Protocole de routage

- Un message est envoyé par un nœud
- Les nœuds voisins le relaient dans le réseau
- Types de communication
 - Flooding contrôlé (Managed Flooding)
 - Messages directs (Direct Messages)
- Les nœuds peuvent être configurés avec différents rôles par l'utilisateur
 - CLIENT
 - CLIENT_MUTE
 - ROUTER
 - ...



i. Diffusion

Transmission:

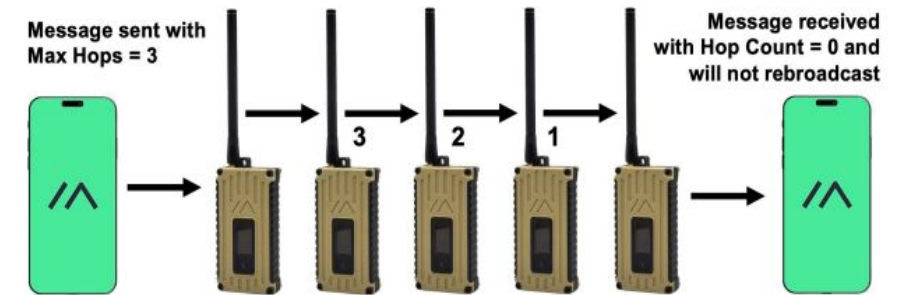
- Un nœud envoie un message
- Si $\text{HopLimit} > 0$, les nœuds voisins le décrémentent et retransmettent le message

Managed Flooding:

- Le nœud attend brièvement
- Si le paquet a déjà été retransmis → il ne le retransmet pas

Suppression de redondance

- Les nœuds mémorisent les messages reçus
- Si le message est déjà connu → pas de retransmission



i. Diffusion

- **Retransmission prioritaire (Prioritized Rebroadcast):**
 - Les nœuds les plus éloignés sont prioritaires
 - SNR faible → retransmission plus rapide
- **Accusé de réception implicite (Implicit Acknowledgment):**

L'émetteur écoute si un nœud retransmet le paquet

 - Si oui : ACK implicite
 - Sinon : 3 retransmissions
 - Si aucun ACK : NAK



ii. Messages Directes

Première transmission :

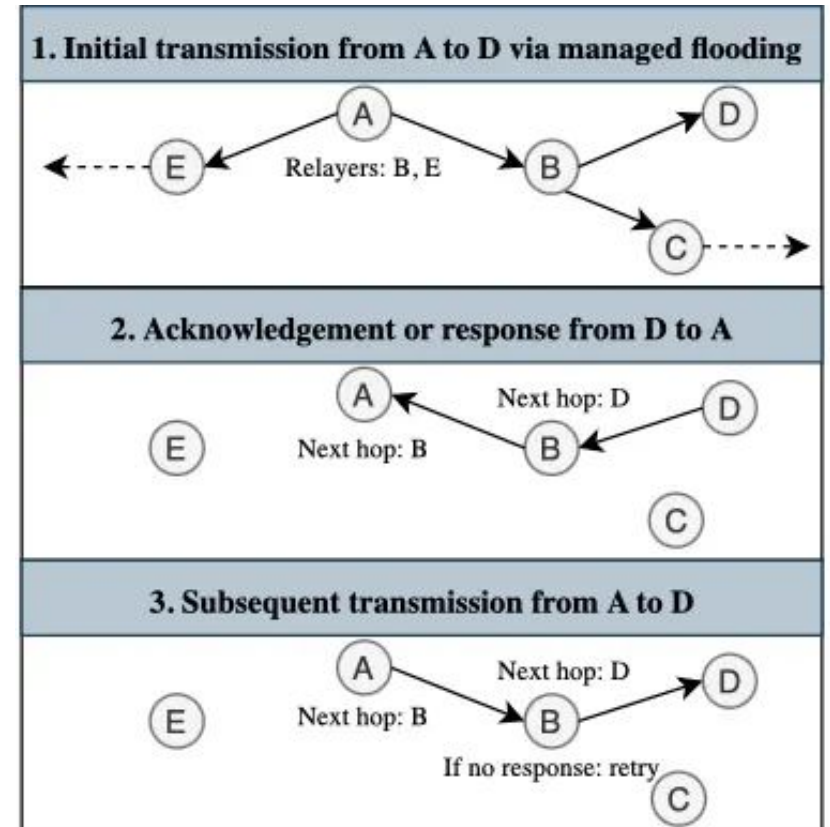
- Utilise le managed flooding
- Les nœuds qui relaient le message sont enregistrés

Next-Hop:

- Si la réponse revient via l'un de ces nœuds, il devient le Next-Hop
- Les transmissions suivantes passent uniquement par ce nœud

Accusé de réception (ACK):

- Le nœud destination envoie un ACK explicite
 - Sinon, 3 retransmissions
 - Si aucun ACK : retour au flooding



C. Évaluation de Meshtastic

Fiabilité

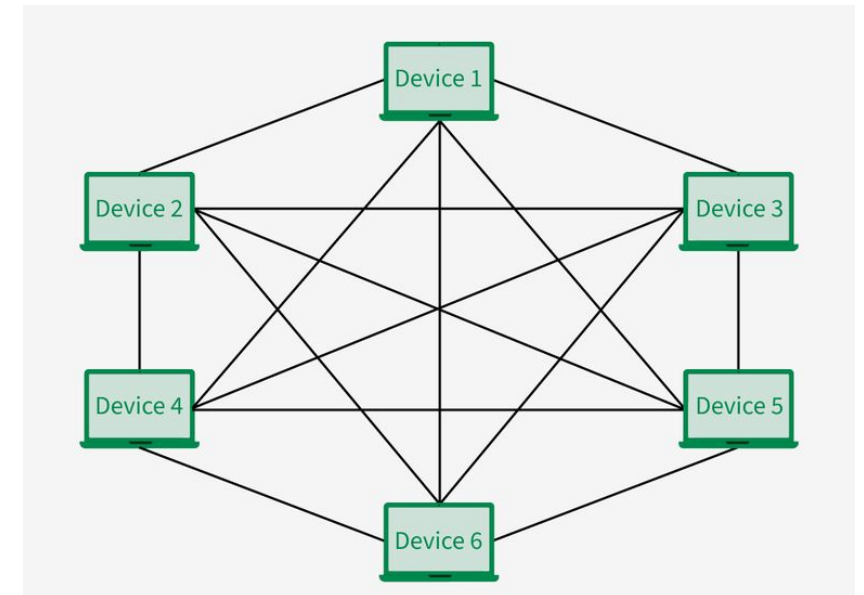
- Dépend de la distance, ligne de vue et congestion
- Réseau vite saturé (faible bande passante)

Sécurité

- Intégrité et authentification vérifiées pour les messages directs
Pas vérifiées pour le broadcast

Vitesse

- Débit faible : ~1 kbps à 21,88 kbps



C. Évaluation de Meshtastic

Consommation d'énergie

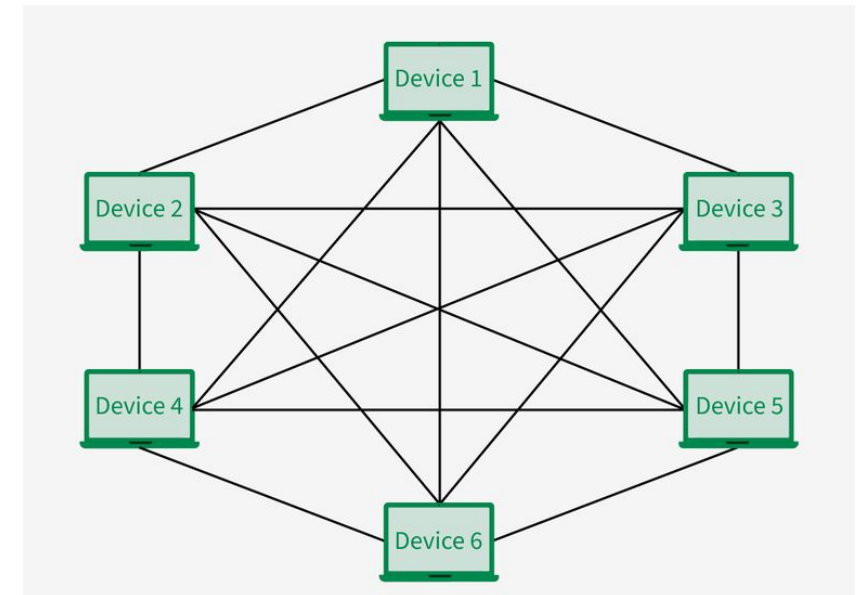
- Nœuds actifs en permanence → batterie limitée

Résilience

- Très robuste : réseau décentralisé, pas de point unique de panne

Priorisation des retransmissions

- Basée sur le SNR
- Peut être imprécise (signal faible ≠ forcément grande distance)



5. Relation avec le cours

Définition de protocole réseau

- Application pratique des concepts vus dans les cours de réseaux

Programmation réseau

- Cette expérience facilite la compréhension du futur cours de programmation réseau

Systèmes et réseaux embarqués

- Apprentissage de bonnes pratiques de programmation
- Expérience en C et Java



6. Références

- Documentation Meshtastic: <https://meshtastic.org/>
- Code Source Meshtastic : <https://github.com/meshtastic>
- Spécification de xiao nrf52840 & wio-sx1262 kit for meshtastic:
https://files.seeedstudio.com/products/SenseCAP/Wio_SX1262/Wio-SX1262_Module_Datasheet.pdf
- How to Communicate in Emergencies Without Cell Service:
<https://battenemergency.com/briefs/how-to-communicate-in-emergencies-without-cell-service/#:~:text=Satellite%20phones%20provide%20global%20coverage,short%2Drange%2C%20local%20communication.>
- Mesh networks: <https://www.geeksforgeeks.org/computer-networks/what-is-mesh-network/>



Merci beaucoup!