

Redes mesh ad-hoc: comunicaciones descentralizadas sin infraestructura central

Autor: EA4IPV

Fecha: 21/03/2026

Categoría: Comunicaciones sin Infraestructura

Etiquetas: Sin etiquetas

Que es una red mesh?

Una red mesh (malla) es una topologia de red donde cada nodo se conecta directamente con varios otros nodos, creando multiples rutas posibles para transmitir datos. Si un nodo falla o un enlace se interrumpe, el trafico se redirige automaticamente por rutas alternativas. No existe un punto central de fallo.

Comparacion de topologias

Topologia	Dependencia central	Tolerancia a fallos	Ejemplo
-----------	---------------------	---------------------	---------

Estrella	Alta (todo pasa por el centro)	Baja	Red Wi-Fi domestica, repetidor de radio
----------	--------------------------------	------	---

Arbol/Jerarquica	Alta	Media	Red de telefonía móvil
------------------	------	-------	------------------------

Mesh (malla)	Ninguna	Alta	Meshtastic, AREDN, redes militares
--------------	---------	------	------------------------------------

Protocolos de enrutamiento mesh

Protocolos reactivos (on-demand)

Buscan la ruta solo cuando es necesario enviar datos. Menor overhead pero mayor latencia en el primer

paquete.

AODV (Ad-hoc On-demand Distance Vector): Usado en muchas implementaciones mesh. Busca ruta bajo demanda mediante mensajes RREQ (Route Request) que se propagan por la red

DSR (Dynamic Source Routing): El origen incluye la ruta completa en cada paquete. Funciona bien en redes pequeñas

Protocolos proactivos

Mantienen tablas de rutas actualizadas continuamente. Menor latencia pero mayor uso de ancho de banda.

OLSR (Optimized Link State Routing): Usado por AREDN. Cada nodo conoce la topología completa de la red

B.A.T.M.A.N. (Better Approach To Mobile Ad-hoc Networking): Opera en capa 2 (Ethernet), transparente para protocolos superiores. Usado en proyectos comunitarios como Freifunk

Implementaciones prácticas

AREDN (Amateur Radio Emergency Data Network)

AREDN es una red mesh de datos de alta velocidad para radioaficionados. Utiliza hardware Wi-Fi modificado (routers y puntos de acceso Ubiquiti, Mikrotik, TP-Link) con firmware personalizado basado en OpenWrt.

Características

Bandas: Segmentos de radioaficionados solapados con bandas Wi-Fi: 2.4 GHz (banda de 13 cm), 5.8 GHz (banda de 6 cm), 3.4 GHz (banda de 9 cm)

Protocolo: OLSR para enrutamiento mesh automatico

Servicios: Cada nodo puede alojar servicios: VoIP (telefono), videoconferencia, chat, servidores web, email, mapas offline

Velocidad: Hasta 150 Mbps punto a punto (con equipos 5 GHz y antenas directivas)

Requisito: Licencia de radioaficionado (opera en bandas de aficionados)

Hardware tipico AREDN

Ubiquiti NanoStation M5: 5 GHz, antena integrada de 16 dBi, ideal para enlaces punto a punto de 5-30 km

Ubiquiti Rocket M5 + antena: Para enlaces de larga distancia (30+ km)

Mikrotik hAP ac lite: Nodo mesh local, conecta dispositivos via Wi-Fi y Ethernet

Meshtastic (LoRa mesh)

Cubierto en detalle en el articulo dedicado. Opera en 868 MHz (Europa) sin licencia. Ideal para mensajería de texto y posición GPS. Alcance de 1-50 km según terreno.

goTenna Mesh

Dispositivos comerciales de mesh personal que operan en frecuencias ISM. Cada unidad es un nodo que retransmite mensajes. Alcance tipico: 1-6 km por salto, hasta 6 saltos. Requiere smartphone via Bluetooth.

Diseño de una red mesh de emergencia

Planificacion

Identificar nodos clave: Lugares elevados (edificios altos, cerros, torres) para nodos repetidores permanentes o semi-permanentes

Calcular enlaces: Usar herramientas como Radio Mobile (gratis) o HeyWhatsThat para simulacion de cobertura y linea de vista

Alimentacion: Paneles solares + baterias para nodos autonomos. Un nodo Meshtastic consume 50-100 mA, alimentable con un panel de 5W y bateria de 3.000 mAh

Redundancia: Asegurar que cada nodo tiene al menos dos rutas alternativas a la red

Capas de comunicacion

Un plan robusto combina multiples tecnologias:

Capa	Tecnologia	Alcance	Tipo de datos
------	------------	---------	---------------

Local (1-5 km)	Meshtastic LoRa / PMR446	Corto	Texto, posicion
----------------	--------------------------	-------	-----------------

Regional (5-50 km) AREDN / VHF-UHF MedioVoz, datos, web

Nacional/Internacional HF (Winlink, voz) Largo Email, voz

Principio clave: La resiliencia de una red mesh viene de la cantidad y distribución de nodos. Cada dispositivo que se añade a la red aumenta la cobertura y la fiabilidad para todos. En emergencias, incluso tres o cuatro nodos bien ubicados pueden proporcionar comunicación en un área de varios kilómetros cuadrados.