



Unidad 13: Mesh

Autor: Sebastian Büttrich.less.dk wire.

Traducido por Leonardo González, Fundación EsLaRed

Tabla de contenido

1. Sobre este documento.....	3
1.1 Información sobre propiedad intelectual.....	3
1.2 Grado de dificultad.....	3
1.3 Información sobre los iconos.....	3
2. Introducción.....	3
3. Definiendo redes MESH.....	4
3.1 Topología y dinámica de la red MESH.....	5
3.2 Conociendo la topología MESH.....	5
3.3 Topología MESH - Escenario típico.....	6
3.4 Topología MESH – Términos relacionados.....	6
4. Motivación, expectativas y limitaciones.....	6
4.1 Ajustes reales.....	7
4.2 Precio.....	7
4.3 Organización y modelos de negocio.....	7
4.4 Facilidad y simplicidad.....	7
4.5 Red robusta.....	7
4.6 Potencia.....	7
4.7 Integración.....	7
4.8 Entornos urbanos y rurales.....	8
4.9 Tópicos y limitaciones.....	8
5. Protocolos de enrutamiento de MESH y mediciones.....	8
5.1 Elementos de enrutamiento MESH.....	8
5.2 Tipos de protocolos de enrutamiento MESH.....	8
5.2.1 Proactivo (manejo por tablas).....	8
5.2.2 Reactivo (por demanda).....	9
5.3 Mediciones.....	9
6. Protocolos de enrutamiento Mesh - Ejemplos.....	9
6.1 MMRP (MobileMesh).....	9
6.2 OSPF.....	10
6.3 OLSR.....	10

6.4 OLSR con medidas ETX.....	10
6.5 AODV.....	11
7. Hardware MESH.....	11
7.1 Ejemplos:.....	12
7.1.1 4G AccessCube.....	12
7.1.2 MeshNode.....	12
7.1.3 Linksys WRT54G, GS, GL.....	13
7.1.4 Locustworld MeshAP.....	14
7.1.5 Hardware Mesh: laptops personalizadas.....	14
8. Software relacionados con paquetes Mesh.....	15
8.1 MeshLinux.....	15
8.2 Zebra/Quagga.....	15
8.3 CUWin.....	15
8.4 Pebble.....	15
8.5 8.5 OpenWRT.....	16
8.6 FreifunkFirmware.....	16
9. Historias de casos Mesh.....	16
9.1 Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín, Alemania.....	16
9.2 Red inalámbrica comunitaria rural urbana. Estados Unidos (CUWiN).....	18
9.3 Red comunitaria de MESH inalámbrica en Dharamsala India.....	19
9.4 Red MESH en el Instituto Meraka en Mpumalanga Sudáfrica: CSIR.....	21
9.5 Redes mesh, más que tecnología.....El acuerdo PicoPeering.....	22
10. Tópicos y limitaciones de redes Mesh.....	22
10.1 Latencia.....	22
10.2 Rendimiento.....	23
10.3 Escalabilidad.....	23
10.4 Seguridad.....	24
10.5 Distribuciones IP.....	24
11. Conclusiones.....	24
12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual.....	24

1. Sobre este documento

Este material es parte del paquete de materiales del proyecto TRICALCAR. Para información sobre TRICALCAR consulte el módulo de introducción de estos materiales, o www.wilac.net/tricalcar/. Este material fue traducido del inglés de los materiales desarrollados para el proyecto "Capacity Building for Community Wireless Connectivity in Africa" de APC <<http://www.apc.org/wireless/>>. El material fue actualizado y localizado para el contexto de América Latina.

1.1 Información sobre propiedad intelectual






Esta unidad esta disponible bajo la licencia 2.5 llamada: Creative Commons AttributionShareAlike. Para saber como usar este material, puede leer el contenido de esta dirección: <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5/>

1.2 Grado de dificultad

El grado de dificultad de esta unidad es "avanzada".

1.3 Información sobre los iconos

En los contenidos encontraremos 5 tipos de iconos, cuyo significado se describe a continuación:

Concepto teórico clave	Recomendación práctica importante	Ejercicio	Propiedad intelectual	Propiedad intelectual
				

2. Introducción

Las redes MESH, explicadas brevemente, son redes en las cuales la información es pasada entre "nodos" en una forma de todas contra todas y en una jerarquía plana, en contraste a las redes centralizadas.

Las redes MESH desde los últimos años (desde el principio del milenio) han atraído más y más la atención en el mundo de las redes inalámbricas, desde vendedores de hardware hasta ingenieros de software, desde compañías comerciales hasta activistas en las comunidades.

Las razones abarcan desde tecnicismos robustos y de fácil implementación a promesas de bajo costo y bajo consumo de energía, y la visión omnipresente de redes que cubren ciudades y países enteros.

Sin duda alguna, el ad hoc, la naturaleza descentralizada y no jerárquica de las redes MESH ha atraído a muchos trabajadores tecnológicos interesados en redes comunales, debido a los valores implícitos que estas tienen.

3. Definiendo redes MESH

La siguiente es una definición básica de una red MESH:

“Una red MESH es aquella que emplea uno o dos arreglos de conexión, una topología total o una parcial. En la total, cada nodo es conectado directamente a los otros. En la topología parcial los nodos están conectados solo a algunos de los demás nodos”.

Esto está mejor ilustrado en una red total simple, como se observa en la **figura 1**, en la cual todos los nodos (computadores) están conectados a todos los demás.

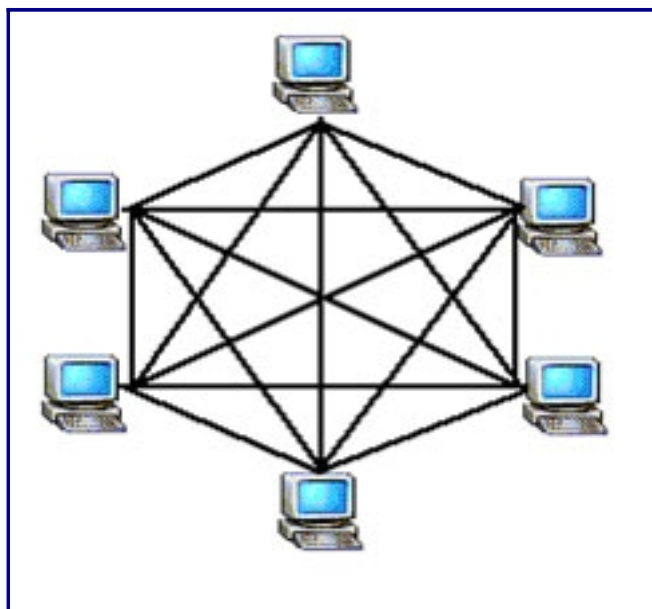


Figura 1: Diagrama de una red mesh total simple

Seguidamente, en la **figura 2** podemos observar un diagrama de una red MESH parcial, parecido a una implementación de MESH inalámbrico más realista: Los nodos tienen un grado variable de conexión, con algunos nodos conectados a muchos nodos y otros en los extremos con pocas o una sola conexión.

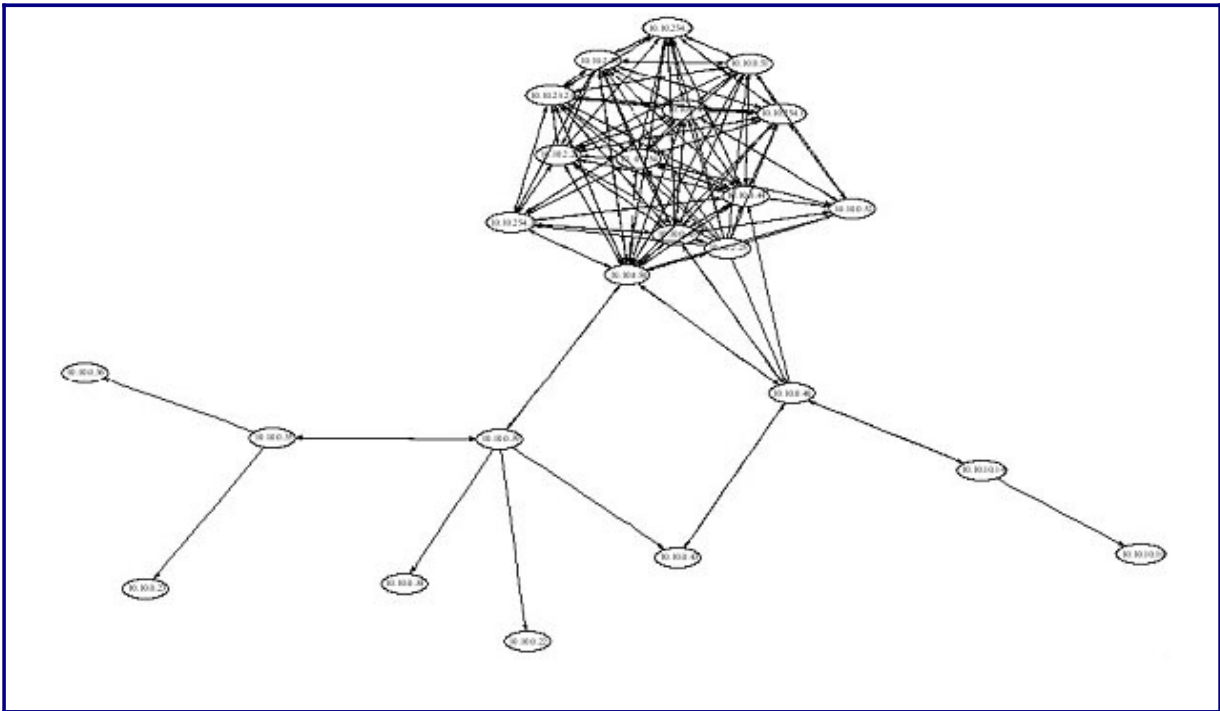


Figura 2: Diagrama de una red mesh parcial

3.1 Topología y dinámica de la red MESH

Como se puede ver en la definición, nada es necesariamente dinámico en una red MESH. Sin embargo, en años recientes, y en redes de conexión inalámbricas, el término “MESH” es a menudo usado como un sinónimo de “ad hoc” o red móvil. Obviamente combinando las dos características de la topología MESH y las capacidades de ad hoc, es una proposición muy atractiva.

Mientras algunos ven las grandes ventajas de una red MESH en entornos dinámicos, la mayoría de las implementaciones más relevantes y exitosas que han surgido hasta ahora, son completamente estáticas, como por ejemplo con nodos/antenas colocados en techo.

3.2 Conociendo la topología MESH

Es útil recordar el entendimiento común y corriente de redes MESH como: *“redes que manejan conexiones de redes, todos contra todos, que son capaces de actualizar y optimizar dinámicamente estas conexiones”*.

3.3 Topología MESH - Escenario típico

Un escenario típico MESH en una zona urbana puede verse así, conectando mayormente antenas en techos. Pero potencialmente incluyendo muchas otras ubicaciones, como torres de antenas, árboles, nodos móviles (vehículos, laptop).

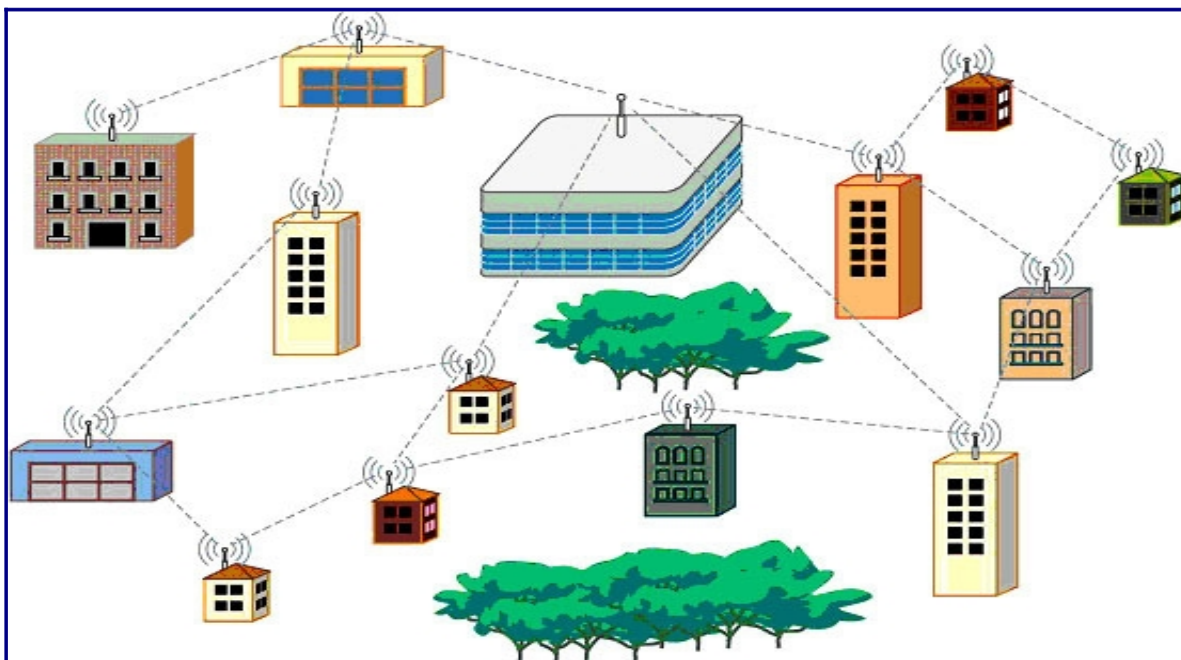


Figura 3: Escenario típico de una red mesh

3.4 Topología MESH – Términos relacionados

Cuando se lee sobre redes MESH, puedes encontrar muchos términos relacionados que algunas veces (aunque no siempre correctamente) son usados como sinónimos para redes MESH:

- **MANET** (red ad hoc móvil) – combinando los dos aspectos de movilidad y dinámica (no necesariamente presentes en redes MESH).
- **Redes AdHoc**, se enfoca en la espontaneidad, naturaleza dinámica de una red.
- **Redes MultiHop** se enfoca en el hecho de que la información viaja a través de muchos nodos.

4. Motivación, expectativas y limitaciones

La tecnología de las redes MESH están madurando gradualmente a un punto donde no puede ser ignorada, cuando se considera el despliegue de las tecnologías de redes inalámbricas. El primer despliegue de una comunidad MESH en gran escala (hasta algunos cientos de nodos) han demostrado suficientes ventajas para motivar futuros experimentos.

Estas son algunas de las razones del porque las redes MESH son vistas como una opción atractiva:

4.1 Ajustes reales

En la realidad la topografía raramente viene en forma de anillo, línea recta o estrella. En terrenos difíciles, sean remotos, rural o urbano, donde no todos los usuarios ven uno o algunos puntos centrales, lo mas posible es que el usuario solo vea a uno o mas usuarios vecinos.

4.2 Precio

El hecho que cada nodo MESH funciona tanto como cliente y como repetidor potencialmente significa ahorro en el número de radios necesarios y por lo tanto en el presupuesto total. Mientras este punto pierde relevancia con la caída de los precios de radios, la cercanía de las redes MESH puede reducir la necesidad de torres centrales (costosas y vulnerables) y otras infraestructuras centralizadas.

4.3 Organización y modelos de negocio

La naturaleza descentralizada de las redes MESH se presta muy bien para un modelo de propiedad en donde cada participante de la red posee y mantiene su propio hardware, el cual simplifica significativamente los aspectos financieros y comunales del sistema.

4.4 Facilidad y simplicidad

Para un artefacto que esta preinstalado con software de MESH inalámbrico y usa protocolo estándar como el 802.11b/g, el montaje es extremadamente simple. Ya que las rutas son configuradas dinámicamente, es generalmente suficiente arrojar la caja en la red y juntar cualquier antena requerida para alcanzar uno o más nodos vecinos existentes.

4.5 Red robusta

Las características de la topología de una red MESH y del enrutamiento AdHoc prometen gran estabilidad en cuanto a condiciones variables o en alguna falla de algún nodo en particular. La cual va a estar bajo duras condiciones experimentales.

4.6 Potencia

Los nodos de una red MESH, exceptuando posiblemente aquellos nodos que mantienen un enlace directo con Internet, pueden ser construidos con bajísimos requerimientos de energía, es decir, pueden ser desplegados como unidades completamente autónomas con energía solar, eólica, hidráulica, celdas combustibles (derivados del petróleo) o generada por tracción de sangre.

4.7 Integración

El hardware de las MESH tiene todas las ventajas de una tecnología firme y simple: típicamente pequeño, no hace ruido y fácilmente encapsuladas en cajas a prueba de agua. Esto significa que integra agradablemente a la intemperie así como también para usar dentro de los hogares.

4.8 Entornos urbanos y rurales

Hasta ahora, las redes MESH han sido mayormente propuestas para redes urbanas y redes municipales. Sin embargo, hay un gran potencial para redes MESH en zonas de conectividad rurales o lejanas.

4.9 Tópicos y limitaciones

Como cualquier tecnología existen limitaciones y tópicos para las redes MESH, la mayoría de estos están basados alrededor de los límites del ancho de banda, escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. Esto será discutido en detalle en su propia unidad.

Es importante estar al tanto del hecho que las estructuras organizacionales y comunicacionales de un proyecto no son necesariamente reflejados uno a uno por la estructura técnica de una red. Ellos pertenecen a dominios diferentes.

5. Protocolos de enrutamiento de MESH y mediciones

Un protocolo de enrutamiento MESH es una parte de software que tiene que manejar el enrutamiento (dinámico) y conexiones de nodos en una red.

5.1 Elementos de enrutamiento MESH

Entre los principales elementos de enrutamiento tenemos:

Descubrimiento de nodo – encontrar nodos mientras aparecen o desaparecen.

Descubrimiento de frontera – encontrar los límites o bordes de una red.

Mediciones de enlace – medir la calidad de los enlaces entre nodos.

Cálculo de rutas – encontrar la mejor ruta basado en la calidad de los enlaces.

Manejo de direcciones IP – asignar y controlar direcciones IP.

Manejo de Up link/backhaul – manejo de conexiones a redes externas, como por ejemplo enlaces a Internet.

5.2 Tipos de protocolos de enrutamiento MESH

Dependiendo de la manera en la cual el protocolo controla los enlaces y sus estados, distinguimos dos tipos principales: proactivo y reactivo.

5.2.1 Proactivo (manejo por tablas)

Están caracterizados por chequeos proactivos del estado del enlace y actualización de tablas de enrutamiento, la cual lleva a una alta complejidad y carga de CPU, pero también a un alto rendimiento.

- **OLSR** (Optimized Link State Routing Protocol) (protocolo de enrutamiento por enlaces optimizados), OLSREXT, QOLSR.
- **TBRPF** (Topology Broadcast based on ReversePath)
- **Forwarding routing protocolo**, (protocolo de transmisión basado en el reenvío por camino invertido)
- **HSLs** (Hazy Sighted Link State routing protocol) (protocolo de enrutamiento basado en desechar los enlaces de baja calidad)
- **MMRP** (Mobile Mesh Routing Protocol), short: MobileMesh
- **OSPF** (Open Shortest Path First)(basado en la ruta mas corta)

5.2.2 Reactivo (por demanda)

Reacción pasiva en detección de problemas (rutas que no trabajan), tiende a ser menos efectiva, pero también es menos exigente con el CPU. Las líneas entre estos dos tipos no son estrictas, existen mezclas y formas diferentes: **AODV**

5.3 Mediciones

El cálculo de las mediciones se hace cargo de la calidad de los enlaces y rutas, casi siempre hablamos del “costo” asignado a ciertas rutas, esto no debe ser confundido con un costo financiero sino más bien de la forma:

“¿que tanto sufre mi data cuando tomo esta ruta? (ejemplo: ¿porque la ruta es lenta o presenta pérdidas?)”.

En principio el protocolo de enrutamiento es independiente del cálculo de las mediciones.; solo necesita saber que tan buena es la ruta, no importa de donde viene ese valor.

Aun así mediciones sensibles son el núcleo de redes MESH inalámbricas. Para ilustrar esto: en el mundo cableado un mínimo de salto asegura la mejor conexión, porque todos los cables se supone que son conexiones casi perfectas. En el mundo inalámbrico, muchos saltos pequeños pueden a la final ser mejor que algunos saltos largos.

6. Protocolos de enrutamiento Mesh - Ejemplos

Las siguientes son las cualidades mas relevantes de algunos de los protocolos de enrutamiento MESH en redes inalámbricas:

6.1 MMRP (MobileMesh)

El protocolo móvil Mesh contiene tres protocolos separados, cada uno dirigido a una función específica:

- Link Discovery. Descubrir los enlaces, un simple protocolo “hola

- Routing Link. Enrutamiento, protocolo de paquetes donde se verifica el estado del enlace.
- Border Discovery Enables. Descubrimiento de bordes y activación de túneles externos.
- Desarrollado por Mitre, el software de MESH móvil es cubierto por el GNU, licencia para público en general.

6.2 OSPF

Este protocolo, **Open Shortest Path First**, opera sobre la ruta más corta, desarrollado por Interior Gateway Protocol (IGP) un grupo trabajador de la IETF, y está basado en algoritmo SPF:

- La especificación OSPF envía llamadas, verifica el estado de los enlaces y se lo notifica a todos los enrutadores de la misma área jerárquica.
- OSPF además funciona como un LSAs (Link – state advertsement) y avisa las interfases presentes, informa el tipo de medición usada y otras variables.
- Los enrutadores con este protocolo almacenan información y usando el algoritmo SPF calculan el camino mas corto.
- Este protocolo compite con RIP y IGRP, los cuales son protocolos de enrutamiento de vectores de distancia. Estos envían toda o una porción de sus tablas de enrutamiento a todos los enrutadores vecinos refrescando la información continuamente.

6.3 OLSR

Optimized Link State Routing (enrutamiento por enlaces optimizados), y descrito en el RFC3626:

- OLSR es un protocolo de enrutamiento para redes movibles AdHoc.
- Es un protocolo proactivo, maneja tablas utilizando una técnica llamada: multipoint relaying (MPR) for message flooding.(relevo o repetición multipunto por inundación de mensajes).
- Actualmente la implementación compila en GNU/Linux, Windows, OS X, sistemas FreeBSD y NetBSD.
- OLSRD esta diseñado para ser bien estructurado y de una implementación bien codificada que debería ser fácil de mantener, expandir y utilizada en otras plataformas. La implementación es amoldable en RFC3626 con respecto a su blindaje y funciones auxiliares.
- OLSR actualmente es visto como uno de los protocolos mas prometedores y estables.

6.4 OLSR con medidas ETX

El conteo de transmisión esperada, Expected Transmission Count (ETX), ha sido desarrollado en el MIT, Massachussets Institute of Technology:

- Consiste en la simple medición de un enlace y su comprobación garantiza que el enlace utilizado es el mas confiable y/o de mas alta capacidad.
- La medición ETX se basa en la relación de señales luminosas enviadas, pero no recibidas, en ambas direcciones de un enlace inalámbrico, esto significa que solo cuenta las pérdidas.
- En experimentos prácticos de MESH inalámbricos la inestabilidad de las tablas de enrutamiento viene dada por los continuos cambios de puerto de enlace, esto determina que el enlace es crítico o deficiente y busca nuevas rutas con menos pérdidas.
- La mayoría de los conceptos de cálculo de mediciones son basados en “la minimización de saltos contados”, un concepto muy común en redes cableadas que no se adapta a las redes inalámbricas.
- ETX añade un comportamiento razonable bajo las condiciones de la vida real basándose en mediciones de pérdidas de paquetes y no por saltos contados.
- Así como la mayoría de los protocolos, las mediciones de enlace son en principio independientes de los protocolos de enrutamiento y viceversa (transparencia). Por lo tanto ETX puede ser usado en combinación con varios protocolos de enrutamiento.

6.5 AODV

Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV), Protocolo de demanda de vectores de distancia, diseñado para redes móviles AdHoc:

- Activa dinamismo, arranque automatizado y enrutamiento multisalto entre computadores.
- El protocolo está en proceso de ser estandarizado.

7. Hardware MESH

Los nodos Mesh pueden ser casi cualquier pieza de equipo computacional, desde Laptops (casi sin costo) hasta computadoras repotenciadas y puntos de acceso modificados (en un rango de \$50) Desde tablas de precio moderado hasta costosos equipos sofisticados.

En el futuro habrán mas y mas dispositivos móviles, como PDAs (palm, celulares y mezclas de los dos) los cuales son altamente capaces de convertirse en nodos MESH.

El mercado de hardware MESH está en desarrollo dinámico, la mayoría de los mercados clásicos externos abre plataformas y permite el desarrollo abierto estandarizado.

En lo que sigue daremos algunos ejemplos de hardware MESH para comunidades de redes inalámbricas.

7.1 Ejemplos:

7.1.1 4G AccessCube

Este modelo ha desaparecido de la escena por algún tiempo, sin embargo fue utilizado de manera exitosa alrededor del año 2005 en muchos experimentos MESH y es todavía un buen ejemplo de cómo acercarse al concepto de un nodo MESH. Veamos sus características:

<p>Dimensiones: cubo pequeño (7x5x7cm)</p> <p>Bajo consumo de potencia (ca. 46W)</p> <p>100Mbps Ethernet</p> <p>Potencia sobre Ethernet (estándar 802.3af)</p> <p>Hasta 2 interfases (4,6) WLAN (802.11a/b/g) (conectores RPSMA)</p> <p>Procesador de 400MHz MIPS</p> <p>Memoria Flash de 32MB, y memoria RAM de 64MB</p> <p>Puerto USB</p> <p>Precio (2004) Aprox. Entre 200 y 400 Euros</p>	
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------

Figura 4: 4G AccessCube

7.1.2 MeshNode

La presentación del nodo MESH (Figura 5) es una pequeña caja diseñada para intemperie, es impermeable y contiene un sistema operativo basado en Debian/GNULinux y dos tarjetas de radio con dos bandas (2.4 GHz & 5.8 GHz). Su precio aproximado es 500 Euros. Fuente: <http://www.meshnode.org/>

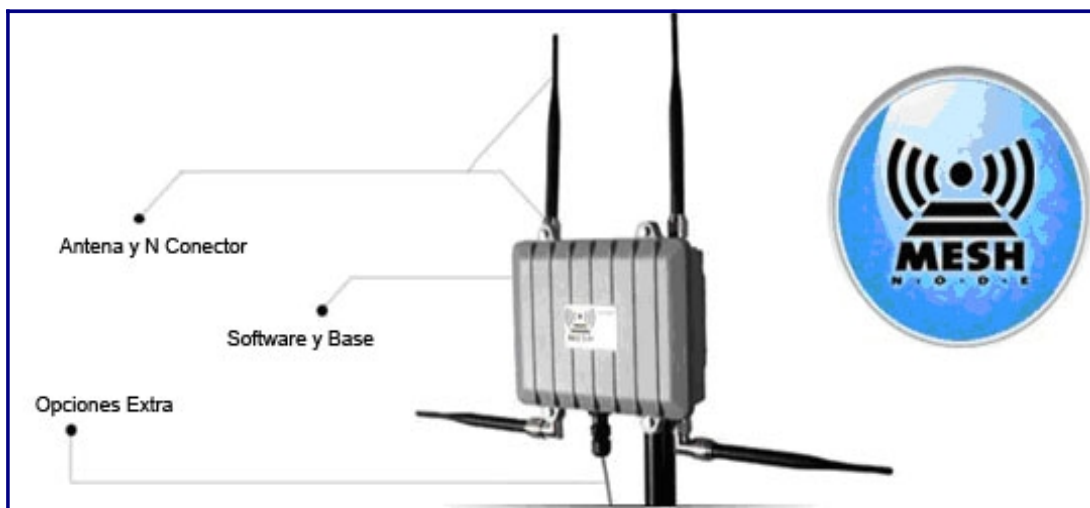


Figura 5: Nodo Mesh

7.1.3 Linksys WRT54G, GS, GL

Este punto de acceso inalámbrico no fue originalmente diseñado para usarse en intemperie, sin embargo es ampliamente utilizado bajo condiciones adversas por su bajo costo y fácil manejo, viene a ser una de las opciones mas interesantes y versátiles. Muchas distribuciones de firmware para los Linksys WRT están disponibles en: OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft, FreifunkFirmware, y muchos mas.

Hardware	RAM	Flash	Velocidad del CPU
WRT54G v2	16	4	200 MHz
WRT54GS	32	8	200 MHz
Procesador:	BCM4712KPB		
Precio (2005 en Euros)	60 (WRT54G)	70 (WRT54GS)	

Tabla 1: Especificaciones de Hardware



Figura 6: Linksys WRT54G

7.1.4 Locustworld MeshAP

La Compañía Locustworld con sede en el Reino Unido, produce el sistema MeshAP y está activo en muchos proyectos de desarrollo de comunidades. Podemos observar sus características en la figura 7.



Figura 7: Locustworld MeshAP

7.1.5 Hardware Mesh: laptops personalizadas

Cualquier laptop o PC estacionario con una tarjeta inalámbrica puede servir como un nodo MESH. Las posibles configuraciones son muchas, sin embargo podemos mencionar algunos sistemas operativos tales como, e.g. Pebble Linux, MeshLinux.

8. Software relacionados con paquetes Mesh

En lo que sigue presentamos en forma breve una mezcla de distribuciones de Linux personalizadas, paquetes, colecciones de software de diferentes tipos que están destinados a redes MESH. Representan un buen punto de partida en experimentos educacionales e implementación en la vida cotidiana.

8.1 MeshLinux

- Realizada por Elektra, Berlín/Alemania
- Basada en Slackware Linux, alrededor de 50 MB ISO
- Señalada para ser utilizada en viejos laptops.
- Los protocolos Mesh incluidos son: MobileMesh, OLSR, BGP, OSPF, RIP, AODV

8.2 Zebra/Quagga

- Realizado por Kunihiro Ishiguro
- GNU Zebra es un software libre que maneja protocolos de enrutamiento basados en TCP/IP parte del proyecto GNU Project, distribuido como GNU GPL
- Protocolos Mesh incluidos: BGP4
- (RFC1771, A Border Gateway Protocol 4), RIPv1, RIPv2, OSPFv2, IPv6 ready.
- Fork: Quagga adds RIPv3, OSPFv3

8.3 CUWin

- Realizado por Champaign Urbana community project, USA.
- “El software **CUWin** (redes inalámbricas de comunidad rural - urbana) es un sistema operativo completo para nodos mallados inalámbricos. Se comenzó con una distribución NetBSD y se le añadió drivers inalámbricos, códigos de enrutamiento y sistemas especializados que permiten a los nodos trabajar en armonía para enrutar el tráfico de cada uno de los demás nodos”.
- Usa también HSLs, OSPF, ETX

8.4 Pebble

- Realizado por NYCWireless community.
- Está basado en Debian GNU/Linux.
- Corre en muchos tipos de sistemas por ser muy pequeño, como por ejemplo las viejas maquinas 486.
- Protocolos Mesh incluidos: OSPF, (OLSR en versión Metrix)

8.5 8.5 OpenWRT

- **OpenWrt** es una distribución Linux para el WRT54G, un firmware con la virtud de añadir paquetes, incluso se puede personalizar.
- Dos sistemas de archivo, y una partición de solo lectura permite una escritura mas larga.
- El código de solo leer provee: inicialización de la red(Ethernet e inalámbrico, firewall, DHCP cliente /servidor, caché, servidor dns, servidor telnet, SSH e interfases Web vía ipkg.
- Muchos otros paquetes e.g. php,nocat spalsh, asterisk

8.6 FreifunkFirmware

- Elaborado por Freifunk group, Berlín/Alemania.
- Puede ser instalado en cualquier Linksys WRT54g (versión 1.0 a 2.2), o WRT54gs (versión 1.0y 1.1), o WAP54g (únicamente en la versión 2.0) o un dispositivo compatible para poner en funcionamiento un típico nodo OLSR rápida y fácilmente.

9. Historias de casos Mesh

Esta es una representación subjetiva de diferentes acercamientos de distintos arreglos para afianzar los conceptos de este sistema.

9.1 Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín, Alemania

Esta red experimental de comunidad urbana (figura 8) actualmente está conformada por unos 200 nodos basado en OLSR **FirmwareFreifunk**. A éste software se le han dado muchos usos en proyectos comunitarios y de desarrollo. Fuente: <http://www.freifunk.net>

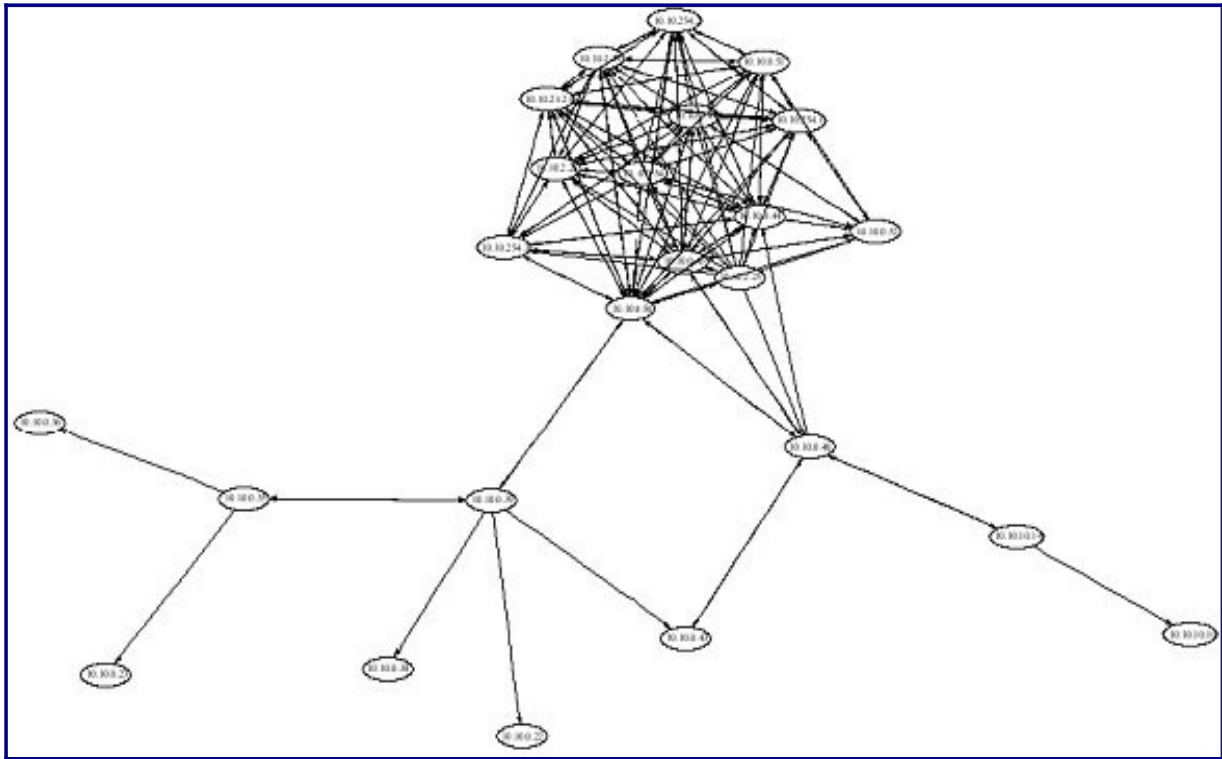


Figura 9: OLSR Diagrama Mesh

9.2 Red inalámbrica comunitaria rural urbana. Estados Unidos (CUWiN)

CUWiN (figura 10) es una iniciativa en desarrollo e investigación con una implementación de código abierto, de protocolo de enrutamiento HSLs, apostando a una red AdHoc inalámbrica escalable y altamente robusta. *fuentes:* <http://cuwireless.net/whatiscuwin>



Figura 10: Red CuWin

9.3 Red comunitaria de MESH inalámbrica en Dharamsala India

Desde 1959 el antiguo gobernador del Tíbet, guiado por el Dalai Lama XIV, ha mantenido un gobierno en el exilio al norte de la India.

“La red común de Dharamsala, se fundó siguiendo las leyes de WiFi externo en la India (28 de Enero de 2005). Para finales de Febrero la MESH ya tenía conectados 8 campus. Pruebas extensivas durante Febrero mostraron que los terrenos montañosos duros son los que se ajustan mas a las MESH como redes convencionales punto – multipunto.”

La topología MESH también ofrece gran área de cobertura, la naturaleza recuperadora del enrutamiento MESH probó ser esencial en lugares donde el servicio eléctrico es muy errático; para Octubre de 2005 la MESH incluía mas de 30 nodos todos compartiendo un solo canal de radio, desde el 2 de Octubre servicios de Internet han sido provistos en todos los miembros de la red MESH.

El ancho de banda disponible es de 6Mbps. Hay mas de 2000 computadores conectados a la MESH y cerca de 500 con acceso a Internet⁴⁴. Fuente:<http://www.tibtec.org>



Figura 11: Dharamsala mesh



Figura 12: Equipos Mesh de Dharamsala

9.4 Red MESH en el Instituto Meraka en Mpumalanga Sudáfrica: CSIR

“La primera antena del Instituto Meraka esta hecha con una lata de metal, como la del café, y una sección de un cuadro de una bicicleta soldada a un conector especial (figura 13); que se puede conectar con una antena similar en otro punto hasta 5 kilómetros”. Fuente: <http://wirelessafrica.meraka.org.za/>

El proyecto es uno de los 10 subproyectos en el FMFI fundado por el Centro Internacional de Investigación en Desarrollo. El Instituto Meraka está a cargo de los desarrollos técnicos como parte de su propia red de información comunitaria (coin), iniciativa como proyecto de África inalámbrica.



Figura 13: Mpumalanga mesh

9.5 Redes mesh, más que tecnología....El acuerdo PicoPeering

El acuerdo PicoPeering es un intento de conectar redes de comunidades islas instalando solo los equipos específicamente necesarios para un acuerdo equitativo entre usuarios de nodos de red.



Figura 14: Logo PicoPeer

10. Tópicos y limitaciones de redes Mesh

Como cualquier tecnología, hay asuntos y limitaciones en las redes Mesh, la mayoría basadas entorno a los límites del ancho de banda, escalabilidad y las dificultades de garantizar calidad de servicio. La discusión es a menudo controversial y a veces muy predispuesta a intereses y agendas personales, es importante recordar que los requerimientos y expectativas pueden ser muy diferentes dependiendo de donde y de las necesidades puntuales del usuario.

Mientras cualquier ancho de banda por debajo de algunos MB/s será inaceptable en escenarios urbanos altamente desarrollados, algunos KB/s serán un gran logro en cualquier otra ubicación.

10.1 Latencia

Latencia (El retraso de los paquetes a lo largo de su camino), obviamente tiene que crecer con el número de saltos. Los efectos de latencia son dependientes de la aplicación usada en la red; los correos electrónicos por Ej. no sufren ni con grandes latencias, mientras que servicios de voz nos hacen sentir la latencia directamente.

La latencia se puede sentir desde los 170 ms en adelante, pero a veces un retraso de 5 s en un walkie talkie es mejor que no tener conexión de voz en lo absoluto.

10.2 Rendimiento

El tema del rendimiento del ancho de banda existe en todas las redes multisalto. La máxima escala de rendimiento con $1/n$ o $1/n^2$ o $1/n^{1/2}$, dependiendo del modelo ("n" es el número de saltos).

Para inalámbricas basadas en 802.11 los límites de rendimiento están principalmente determinadas por la mitad de la calidad duplex de los radios. En este caso tenemos un rendimiento $\sim c/na$ con $a = 1...2$. Sin embargo, la idea Mesh no está unida al 802.11 en principio, y futuros estándares inalámbricos, preferiblemente full duplex, podrían eliminar esta limitación.

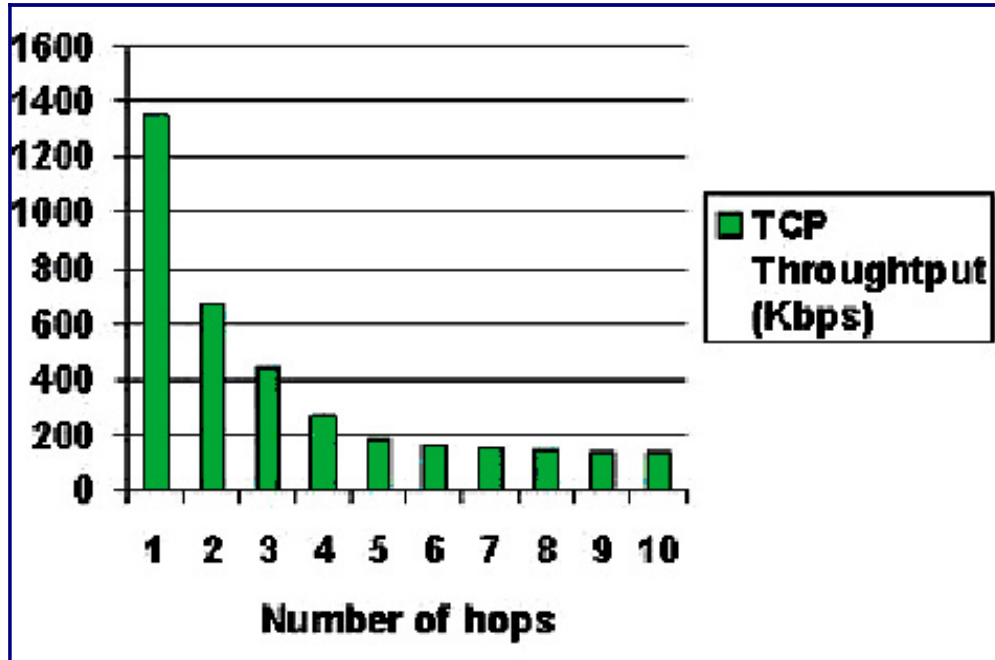


Figura 15: TCP throughput for 802.11 MAC

10.3 Escalabilidad

Mesh no ha sido probada sustentablemente en la vida real, con un poco más que algunas docenas hasta los bajo cientos de nodos.

- MIT red de techo: 4050
- Berlín OLSR: cerca de 200?
- CUWin: cerca de 50
- Dharamsala: > 30

Implementaciones comerciales (¿200 nodos? ¿10,000 nodos?) a menudo no se comparte la experiencia (verdadera) abiertamente y por lo tanto sus resultados son difíciles de evaluar.

10.4 Seguridad

Simplemente hablando las redes Ad-Hoc por definición necesita reconocer y hablar con los clientes antes de conocerlos, esto constituye un reto en la seguridad de Internet. Las redes Mesh son por diseño muy vulnerables a ataques de negación de servicio (Denial of service – DOS).

10.5 Distribuciones IP

Las distribuciones IP de una red Mesh están lejos de ser triviales, mientras que la asignación de IP automático vía DHCP en rangos de IP privado no es problemático, las redes Mesh podrían en principio conocer redes vecinas en cualquier momento y el peligro de direcciones duplicadas y conflictos de red son obvios. IPv6 podría traer una solución a esto, pero todavía faltan algunos años para implementaciones a gran escala.

11. Conclusiones

Esta unidad presenta las bases de una red Mesh, enfocándose en redes comunitarias e implementaciones de software libre.

Lo que debemos recordar principalmente es:

- Las redes Mesh son redes que manejan conexiones de “todos contra todos” (Many-to-many) y son capaces de actualizarse dinámicamente optimizando éstas conexiones.
- Principales ventajas y limitaciones de las redes Mesh.
- Comprender los elementos de enrutamiento Mesh y el hardware que puede ser utilizado para construir redes Mesh.

12. Declaración de Derechos de Propiedad Intelectual

Los materiales desarrollados en el marco del proyecto TRICALCAR utilizan una versión resumida del formato MMTK – Multimedia Training Kit. Han sido desarrollados para ser utilizados y compartidos libremente por instructores/as vinculados a proyectos de nuevas tecnologías para el desarrollo.

Todos los materiales están disponibles bajo una de las licencias Creative Commons <<http://creativecommons.org/>>. Estas licencias han sido desarrolladas con el propósito de promover y facilitar que se compartan materiales, pero reteniendo algunos de los derechos del autor sobre la propiedad intelectual.

Debido a que las organizaciones del Proyecto TRICALCAR que usan el formato MMTK para el desarrollo de sus materiales tienen diversas necesidades y trabajan en contextos diferentes, no se ha desarrollado una licencia única que cubra a todos los materiales. Para mayor claridad sobre los términos y condiciones en las que usted puede utilizar y redistribuir cada unidad temática, por favor verifique la declaración de derechos de propiedad intelectual incluida en cada una de ellas.

Provisiones de derechos de propiedad intelectual para esta unidad: Esta unidad temática se ha hecho disponible bajo los términos de la licencia **Atribución-No Comercial-Licenciamiento Recíproco**, bajo los siguientes términos:

- **Atribución.** Reconocer la autoría del material en los términos especificados por el propio autor o licenciante.
- **No comercial.** No puede utilizarse este material para fines comerciales.
- **Licenciamiento Recíproco.** Si altera, transforma o crea un material a partir de este, solo podrá distribuir el material resultante bajo una licencia igual a ésta.

Documento preparado para el taller de comunicaciones inalámbricas de Tshwane en Sudáfrica (c) 7th September 2005, Creative Commons Deed. Attribution-NonCommercial-ShareAlike 2.0 (c) 21 Abril 2007.