



## REDES MESH

***Autor: Sebastian Buettrich, wire.less.dk***

***Adaptado por Ermanno Pietrosevoli, Fundación EsLaRed***

---



# Por qué Redes MESH

Las redes Mesh o malladas resuelven los dos problemas principales que se presentan cuando se quiere desplegar una red en un área densamente poblada:

- ♦ La interferencia resultante de usar espectro libre
- ♦ La necesidad de que todas las estaciones de usuario tengan línea de vista con la estación base



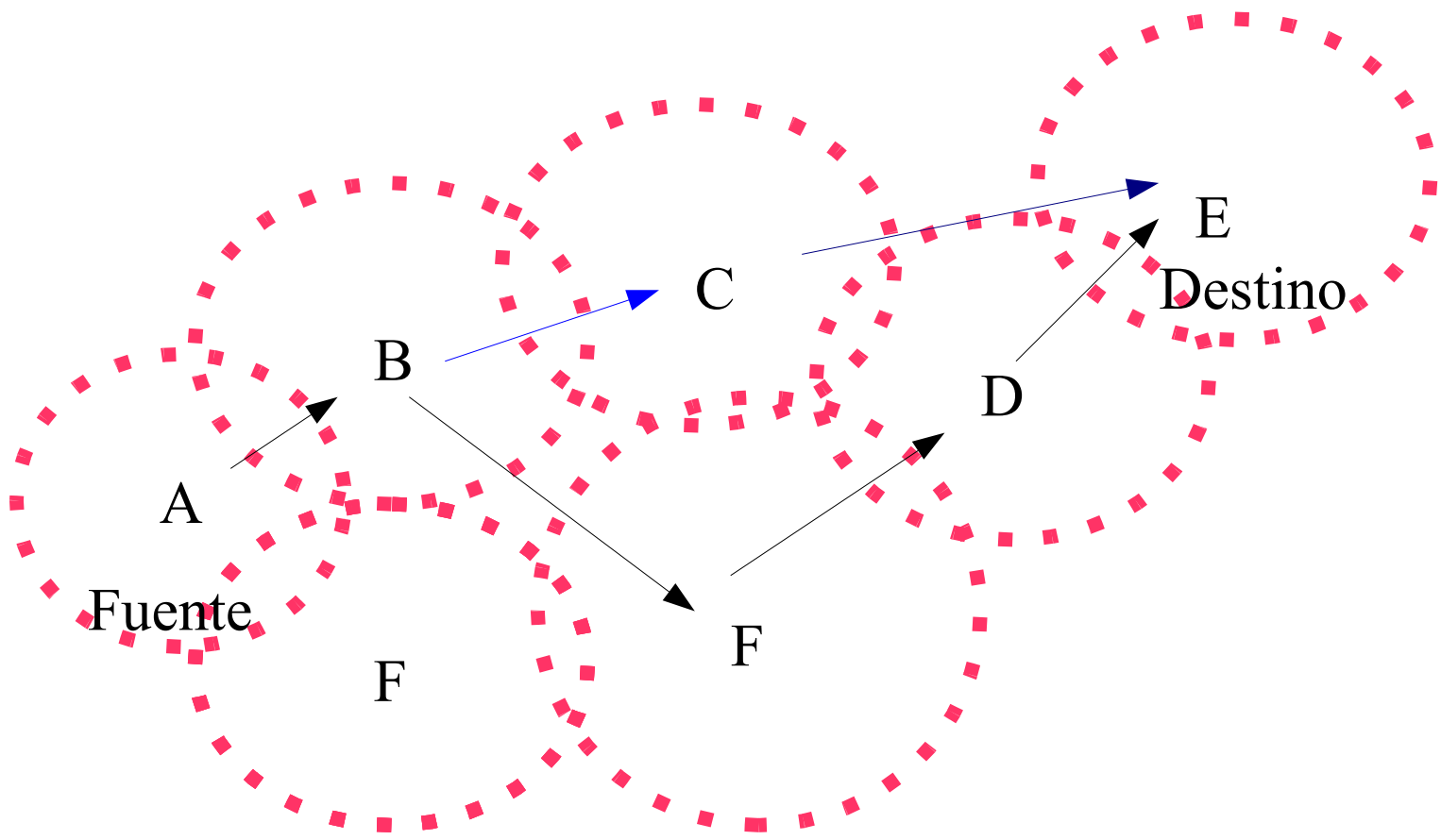
# Por qué Redes MESH

---

Otras ventajas es que las estaciones transmiten a menor potencia y por lo tanto pueden emplear mayores velocidades de transmisión, y además se facilita distribuir el acceso a Internet en varios puntos



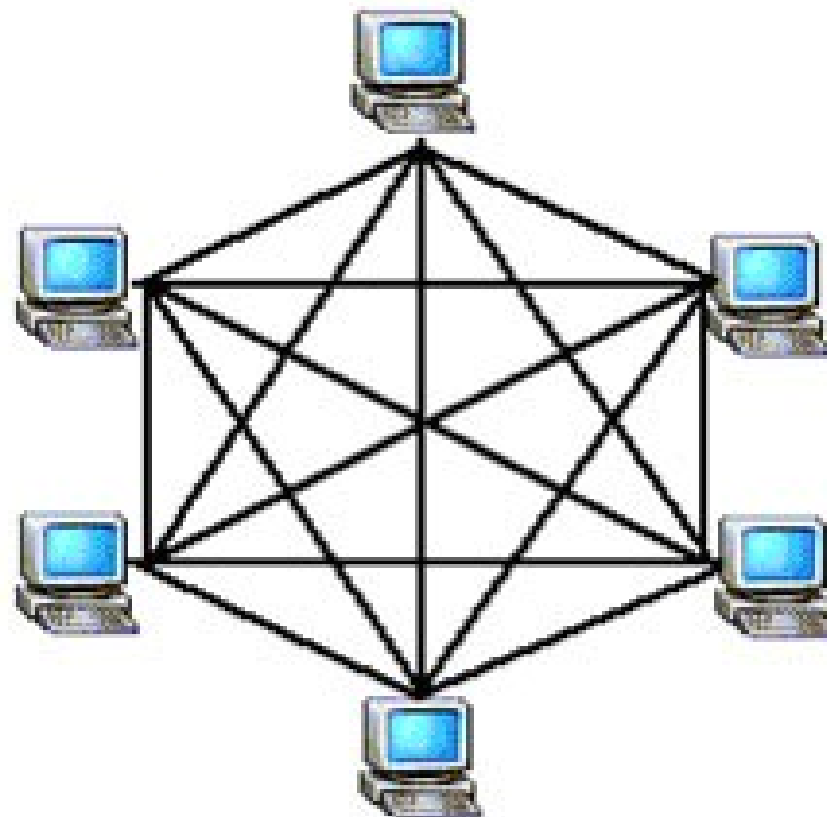
# Definiendo Redes MESH



# Definiendo Redes MESH

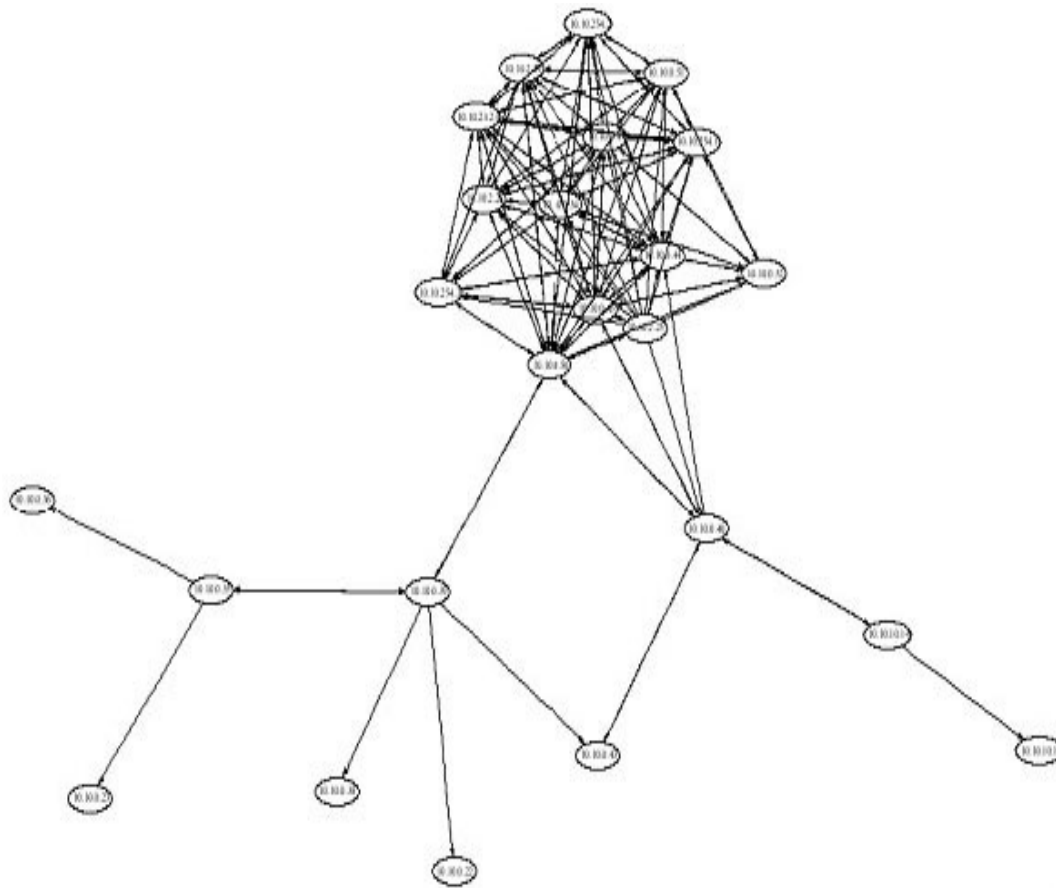


Una red MESH es aquella que emplea uno o dos arreglos de conexión, una topología total o una parcial. En la **total**, cada nodo es conectado directamente a los otros. En la topología **parcial** los nodos están conectados sólo a algunos de los demás nodos.





# Definiendo Redes MESH



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

# Definiendo Redes MESH

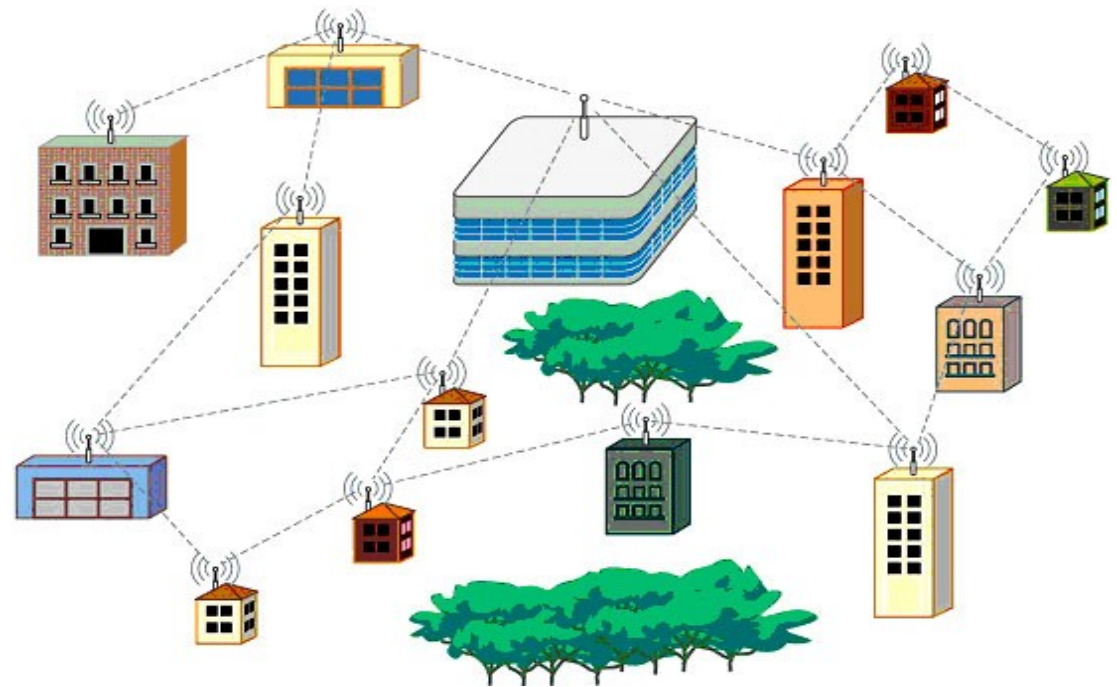


## ♦ Topología y dinámica

*“redes que manejan conexiones de tipo todos contra todos, capaces de actualizar y optimizar dinámicamente estas conexiones”*

## ♦ Escenario típico

*Un escenario típico MESH en una zona urbana luce así, conectando mayormente antenas en techos, pero podría incluir muchas otras ubicaciones, como torres de antenas, árboles, nodos móviles (vehículos, laptops).*





# Definiendo Redes MESH

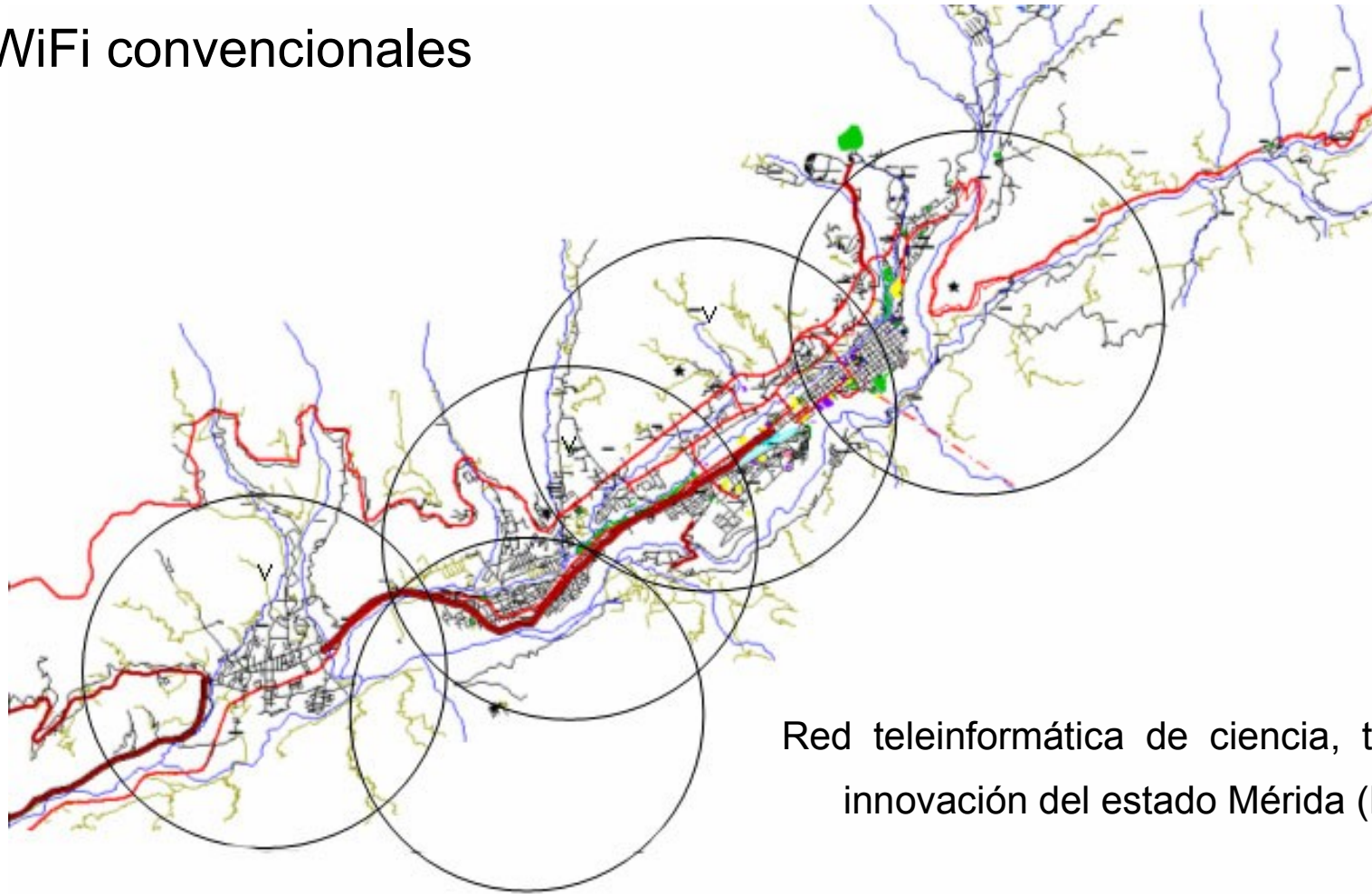
## Topología – términos relacionados

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

# Motivación, expectativas y limitaciones



La tecnología de las redes MESH resuelve algunos problemas de las redes WiFi convencionales



Red teleinformática de ciencia, tecnología e innovación del estado Mérida (RETICyT)

# Motivación, expectativas y limitaciones



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

- ♦ Mitigación de la interferencia
- ♦ Facilidad de crecimiento y de mantenimiento
- ♦ Organización y modelo de negocio cooperativo
- ♦ Red robusta y adaptable
- ♦ Consumo de energía
- ♦ Integración
- ♦ Entornos urbanos y rurales
- ♦ Debilidades y limitaciones

# Protocolos de enrutamiento y mediciones



## *Elementos de enrutamiento MESH*

Entre los principales elementos de enrutamiento tenemos:

- ♦ **Descubrimiento de nodos** – encontrar nodos en una topología que puede cambiar sobre la marcha
- ♦ **Descubrimiento de la frontera** – encontrar los límites o bordes de una red, generalmente los sitios donde se conecta a Internet

# Protocolos de enrutamiento y mediciones



## *Elementos de enrutamiento MESH*

Continuación de los principales elementos de enrutamiento:

- ♦ **Cálculo de rutas** – encontrar la mejor ruta basado en algún criterio de la calidad de los enlaces
- ♦ **Manejo de direcciones IP** – asignar y controlar direcciones IP
- ♦ **Manejo de la red troncal (uplink,backhaul)** manejo de conexiones a redes externas, como por ejemplo enlaces a Internet

# Protocolos de enrutamiento y mediciones



## *Tipos de protocolos de enrutamiento MESH*

### *Proactivos o basados en tablas:*

- ♦ **OLSR** -Optimized Link State Routing Protocol-  
(protocolo de enrutamiento por optimización del estado del enlace), OLSREXT,QOLSR
- ♦ **TBRPF** -Topology Broadcast based on Reverse Path-
- ♦ **Forwarding routing protocol**

# Protocolos de enrutamiento y mediciones



## *Tipos de protocolos de enrutamiento MESH*

### *Proactivo Cont...*

- ♦ **HSLRS** -Hazy Sighted Link State Routing Protocol-  
(protocolo de enrutamiento basado en desechar los enlaces de baja calidad)
- ♦ **MMRP** (Mobile Mesh Routing Protocol), también conocido como MobileMesh
- ♦ **OSPF**-Open Shortest Path First-(basado en la ruta más corta)

# Protocolos de enrutamiento y mediciones



## *Tipos de protocolos de enrutamiento MESH*

### *Reactivo (Por demanda)*

- **AODV** -Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing-  
Protocolo de enrutamiento a demanda

# Protocolos de enrutamiento y mediciones



## ***Mediciones (¿Qué vamos a medir? La métrica)***

Se realizan mediciones 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:

“¿qué tanto sufren mis datos cuando tomo esta ruta?  
(ejemplo: ¿porqué la ruta es lenta o presenta pérdidas?)”

# Protocolos de enrutamiento

## *¿Qué vamos a medir?*



- ◆ Número de saltos
- ◆ Tráfico enviado y recibido
- ◆ Tiempo requerido para describir una ruta
- ◆ Número total solicitudes de rutas enviadas
- ◆ Número total solicitudes de rutas recibidas
- ◆ Tráfico de control recibido y enviado
- ◆ Tráfico de datos recibido y enviado
- ◆ Intentos de retransmisión
- ◆ Potencia promedio
- ◆ Rendimiento (Throughput)

# Protocolos de enrutamiento



## Consideraciones

- ♦ Diseño de la métrica de enrutamiento
- ♦ Minimización de la tara de enrutamiento
- ♦ Robustez de las rutas
- ♦ Uso efectivo de la infraestructura de soporte
- ♦ Balanceo de carga
- ♦ Adaptabilidad de las rutas

# Protocolos de enrutamiento



## Factores de diseño

- ◆ Eficiencia en el uso de los recursos
- ◆ Rendimiento (throughput)
- ◆ Ausencia de lazos de enrutamiento
- ◆ Estabilidad de las rutas
- ◆ Rapidez en el establecimiento del camino
- ◆ Eficiencia en el mantenimiento de la ruta

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ♦ ***MMRP (MobileMesh)***

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

- ✓ **Link Discovery.** Descubrir los enlaces, un simple protocolo “hello”
- ✓ **Routing-Link State Packet Protocol**
- ✓ **Border Discovery** – Habilita túneles externos

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***MMRP (MobileMesh)***

Desarrollado por Mitre, MobileMesh es cubierto por la licencia genérica GNU. Este es un buen protocolo para entender los rudimentos del enrutamiento mesh y se puede implementar fácilmente con laptops corriendo Linux

Para instrucciones de implementación, ver:

**<http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html>**

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OSPF***

Este protocolo, **Open Shortest Path First**, desarrollado por el grupo de trabajo de Interior Gateway Protocol (IGP) de la IETF 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. Es de dominio público y está descrito en la RFC 1247

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OSPF***

- ♦ OSPF funciona enviando LSA (Link–State Advertisements) a todos los otros enrutadores dentro de la misma área jerárquica informándoles sobre las interfaces disponibles, métrica utilizada y otras variables
- ♦ Los enrutadores OSPF utilizan esta información para calcular los caminos más cortos

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OSPF***

- ◆ Este protocolo compite con RIP e IGRP, los protocolos de enrutamiento de vector distancia. Estos últimos envían toda o una porción de sus tablas de enrutamiento a todos los enrutadores vecinos refrescando la información continuamente

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OLSR***

Optimized Link State Routing Protocol descrito en el RFC3626:

- ♦ OLSR es un protocolo de enrutamiento para redes móviles Ad hoc
- ♦ Es un protocolo proactivo, basado en tablas, que utiliza una técnica llamada: multipoint relaying (MPR) para la difusión de mensajes por inundación

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### **OLSR**

- ◆ Actualmente la implementación funciona bajo GNU/Linux, Windows, OS X, FreeBSD y NetBSD
- ◆ OLSRD -OLSR Daemon- está 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 cumple con RFC3626 tanto con las funciones básicas como con las auxiliares

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OLSR***

- ♦ OLSR actualmente es visto como uno de los protocolos mas prometedores y estables. Es la base de la mayoría de las redes mesh instaladas en Europa, con instalaciones exitosas en Alemania, Austria, Serbia, Inglaterra, España y Portugal. También se está usando en Colombia

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-***

La “métrica” (qué parámetro se va a medir) de **ETX** (conteo de transmisión esperada), ha sido desarrollado en el MIT, Massachusetts Institute of Technology

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-***

- ◆ Consiste en una técnica sencilla y probada que favorece a los enlaces más confiables y de mayor capacidad. Se basa en el conteo del número de *beacons* (balizas) enviadas pero no recibidos en ambos sentidos de un enlace inalámbrico, es decir, simplemente cuenta las pérdidas

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-***

- ◆ En experimentos prácticos de MESH inalámbricos la inestabilidad de las tablas de enrutamiento viene dada por los continuos cambios de puerto de enlace (gateway) preferido. La mayoría de las técnicas de enrutamiento se basan en el concepto de “minimización del número de saltos”, adecuado para las redes cableadas, pero que no se adapta a las redes inalámbricas

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***OLSR con métrica ETX -Expected Transmission Count-***

- ♦ ETX ,en cambio, basa las decisiones de enrutamiento en las pérdidas de paquetes y no en conteo de saltos. Obsérvese que la “métrica” del enlace es independiente del protocolo de enrutamiento, así que ETX también puede utilizarse en otros protocolos

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### **AODV**

- ◆ Ad hoc On Demand Distance Vector (AODV), es un protocolo de enrutamiento a demanda de vector distancia, diseñado para redes móviles autoconfigurables. Está descrito en la RFC 3561

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### **AODV**

- ◆ Permite el enrutamiento dinámico, autoconfigurable y multisalto entre nodos, está en proceso de ser estandarizado y por el momento es un RFC experimental de la IETF
  - ◆ Está siendo desarrollado en la Universidad de California, Santa Barbara con la colaboración de Intel
- Una de las primeras implementaciones de mesh en software libre, Locustworld, emplea AODV.

# Protocolos de enrutamiento

## Ejemplos



### ***HWMP- Hybrid Wireless Mesh Protocol-***

Está basado en una combinación de AODV y protocolos basados en árboles. Es el protocolo establecido como obligatorio por el grupo de trabajo 802.11s, dedicado a redes MESH, aunque se deja la libertad de utilizar opcionalmente otros protocolos, particularmente los basados en OLSR

# El estándar IEEE 802.11s



**Es todavía un borrador, pero hay una propuesta oficial desde marzo de 2006, luego de muchas discusiones que redujeron a dos las 16 proposiciones iniciales**

**er Child (OLPC) utilizará 802.11hild (OLPC)  
utilizará 802.11s**



# Hardware para MESH

---

- ♦ Prácticamente cualquier nodo inalámbrico puede convertirse en un nodo mesh simplemente mediante modificaciones de software



# Hardware para MESH

- ♦ Cualquier computador con Linux y un dispositivo inalámbrico puede utilizarse para este fin, y próximamente inclusive los PDA (Personal Digital Assistant) podrán formar una Mesh y hasta los celulares de nueva generación



# Hardware para MESH

- ♦ En lo que sigue daremos algunos ejemplos de hardware MESH para comunidades de redes inalámbricas, dejando de lado las numerosas soluciones privadas



# Hardware para MESH

## *Meraki*

Es un enrutador WiFi implementado en un solo chip, lo que permite bajar el costo a 50\$.



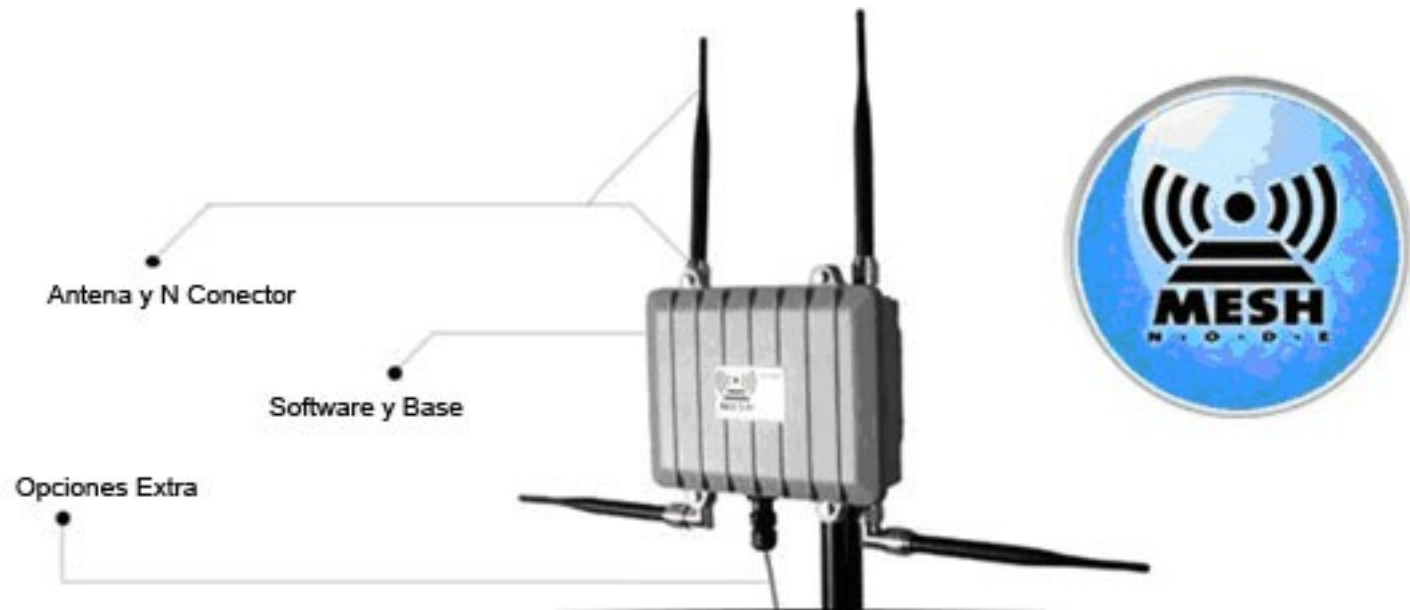
Está orientado a proveer conectividad desde el interior de la vivienda, aunque existe una versión para exteriores e inclusive una alimentada por energía solar [www.meraki.com](http://www.meraki.com)



# Hardware para MESH

## ♦ *MeshNode*

La presentación del nodo MESH es una pequeña caja diseñada para intemperie, es impermeable, contiene un sistema operativo basado en Debian/GNULinux y dos tarjetas de radio en dos bandas (2.4 GHz y 5.8 GHz).





# Hardware para MESH

## ♦ *Linksys WRT54G, GS, GL*

Este punto de acceso inalámbrico no fue originalmente diseñado para usarse en intemperie ni para redes MESH, sin embargo es ampliamente utilizado bajo condiciones adversas por su bajo costo y fácil manejo, viene a ser una de las opciones más interesantes y versátiles.





# Hardware para MESH

## ♦ **Linksys WRT54G, GS, GL**

✓ Muchas distribuciones de firmware para los Linksys WRT están disponibles en:

✓ OpenWRT, EWRT, Batbox, Sveasoft, FreifunkFirmware, y muchos más

✓ FreifunkFirmware viene directamente con soporte para MESH





# Hardware para MESH

## ♦ *Linksys WRT54G, GS, GL*

Este dispositivo es muy popular en el mundo entero y se puede adquirir por menos de \$100, existen numerosas versiones, con diferentes cantidades de memoria RAM e inclusive con diferentes sistemas operativos, pero lo primero que se hace para emplearlo en redes comunitarias es sustituir el firmware original por uno de los desarrollados por independientes





# Hardware para MESH

## ♦ *Locustworld MeshAP*

La Compañía  
Locustworld con sede en  
el Reino Unido, produce  
el sistema MeshAP y  
está activa en muchos  
proyectos de desarrollo  
de comunidades





# Hardware para MESH

## ♦ *Locustworld MeshAP*

El hardware tiene un procesador de 500 MHz, 128 MB de RAM, tarjetas de radio, 32 MP compact flash drive, y no tiene partes móviles. Precio : alrededor de \$400





# Hardware para MESH

## ♦ *Ubiquity Lite Station*

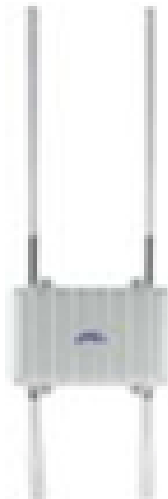
400 mW b/g , alrededor de \$100



### **AP-ONE**

Zero Configuration Mesh

The most powerful and feature rich dual-radio mesh AP on the planet!





# Hardware para MESH

- ◆ **Hardware Mesh: laptops personalizadas**
  - ✓ Cualquier laptop o PC de escritorio con una tarjeta inalámbrica puede servir como un nodo MESH
  - ✓ Las posibles configuraciones son muchas, sin embargo podemos mencionar algunos sistemas operativos tales como, Pebble Linux, MeshLinux, Locustworld, FreifunkFirmware, CUWin



# Hardware para MESH

- ♦ **Hardware Mesh: laptops personalizadas**
  - ✓ Muchas de estas soluciones están disponibles en un “Live CD”, es decir un CD que contiene el sistema operativo y el protocolo de enrutamiento, de tal modo que el usuario sólo tiene que arrancar la máquina desde el CD y tener un nodo MESH listo para su configuración

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ *MeshLinux*

- ✓ Realizada por “Elektra” (Corinna Aichele), Berlín, Alemania
- ✓ Basada en Slackware Linux, alrededor de 50 MB ISO
- ✓ Apropriada para ser utilizada en viejos laptops
- ✓ Los protocolos Mesh incluidos son: MobileMesh, OLSR, BGP, OSPF, RIP, AODV

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ **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, soporta IPv6
- ✓ Quagga añade RIPv3, OSPFv3

# Software

# relacionado con paquetes MESH



## ♦ **CUWiN**

- ✓ Realizado por Champaign Urbana community project, Illinois, USA
- ✓ “El software CUWiN es un sistema operativo completo para nodos MESH inalámbricos. Se comenzó con una distribución NetBSD y se le añadió controladores 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

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ ***Pebble***

- ✓ Realizado por NYCWireless community
- ✓ Está basado en Debian GNU/Linux y logra empacar todos los requerimientos para una red inalámbrica MESH en muy poca memoria, por lo que es apropiado para SBC (Single Board Computers) como el Soekris y similares

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ ***Pebble***

- ✓ Corre en muchos tipos de sistemas por ser muy pequeño, como por ejemplo las viejas máquinas 486
- ✓ Protocolos Mesh incluidos: OSPF, (OLSR en la versión de Metrix)

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ *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 añadir las funcionalidades que se deseen

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ *OpenWRT*

- ✓ Provee: inicialización de la red (Ethernet e inalámbrico, firewall, DHCP cliente /servidor, cache, servidor dns, servidor telnet, SSH e interfaces Web vía ipkg
- ✓ Se pueden incluir muchos otros paquetes e.g. php,nocat splash, asterisk

# Software relacionado con paquetes MESH



## ♦ ***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

# Ejemplo de MESH

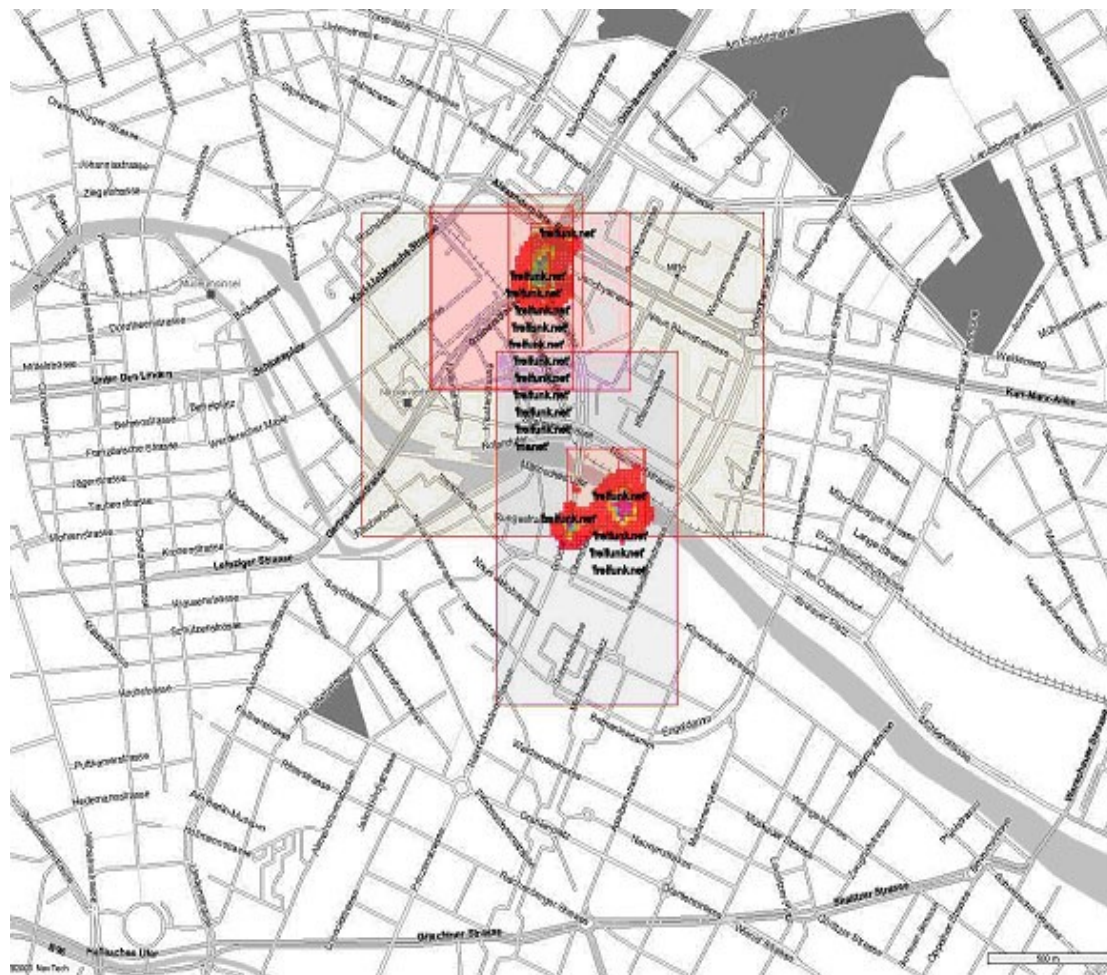


## ♦ **Alemania: Freifunk OLSR Mesh, Berlín,**

### **Alemania**

Esta red experimental de comunidad urbana actualmente está conformada por unos 200 nodos basado en OLSR Firmware Freifunk. A este software se le han dado muchos usos en proyectos comunitarios y de desarrollo

*Fuente:* <http://www.freifunk.net>



# Ejemplo de MESH



## ♦ **CUWiN–Champaign-Urbana Community Wireless Network** (*Red inalámbrica comunitaria de Champaign-Urbana*) , Illinois Estados Unidos

CUWiN es una iniciativa de desarrollo e investigación con una implementación de código abierto del protocolo de enrutamiento HSLS, apostando a una red AdHoc inalámbrica escalable y altamente robusta



Fuente: <http://cuwireless.net/whatiscuwin>

# Ejemplo de MESH



## ♦ **Red comunitaria de MESH inalámbrica en Dharamsala India**

*“La red comunitaria de Dharamsala, se fundó luego de la aprobación del uso del WiFi en exteriores 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 abruptos se ajustan más a las MESH que las redes convencionales punto – multipunto.*”



# Ejemplo de MESH



## ♦ **Red MESH en el Instituto Meraka en Mpumalanga Sudáfrica: CSIR**

*“La primera antena del Instituto Meraka está hecha con una lata de metal y un trozo de rayo de bicicleta soldado a un conector especial que se puede conectar con una antena similar en otro punto a 5 kilómetros”*

Fuente: <http://wirelessafrica.meraka.org.za>



# Ejemplo de MESH: Houston



## Two – Tier Mesh

♦ Many cities planning large – scale mesh deployments

✓ Two-tier planned architecture vs. Single-tier organic/random (e.g., Roofnet)

♦ Houston plans:

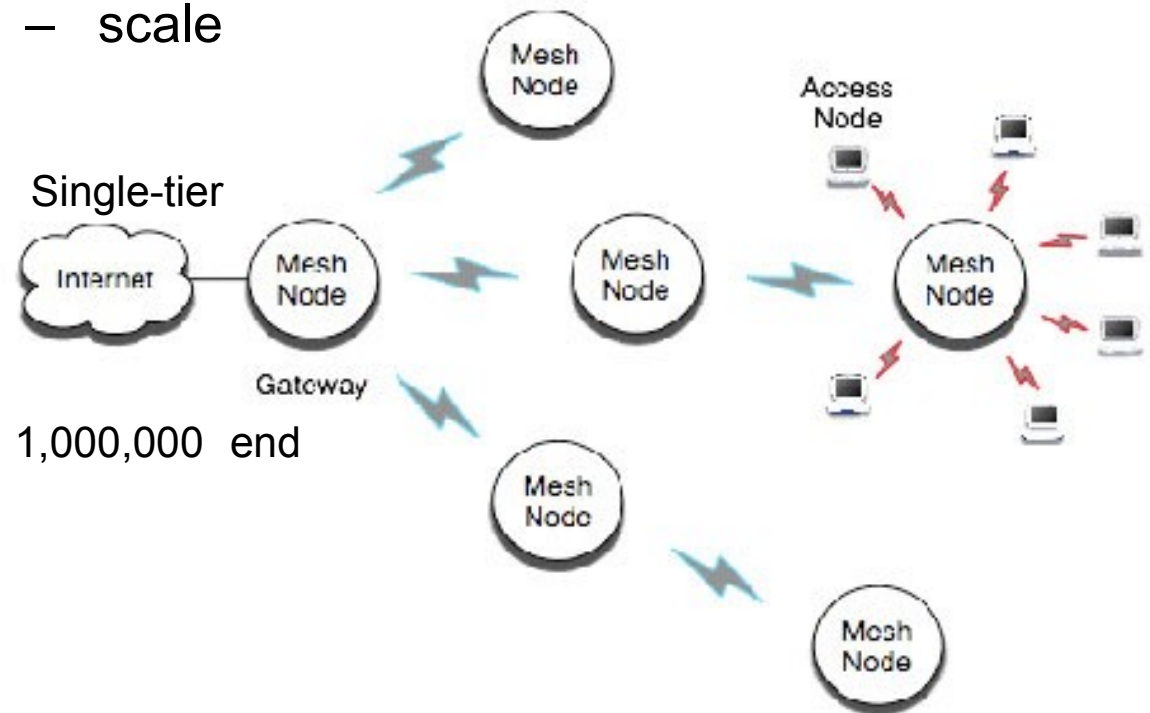
• 620 mt2, 18,000 mesh nodes, over 1,000,000 end points, \$ 30.\$50M

♦ Where are we today?

✓ Many announced plans

✓ Many deployments por emergency and public services

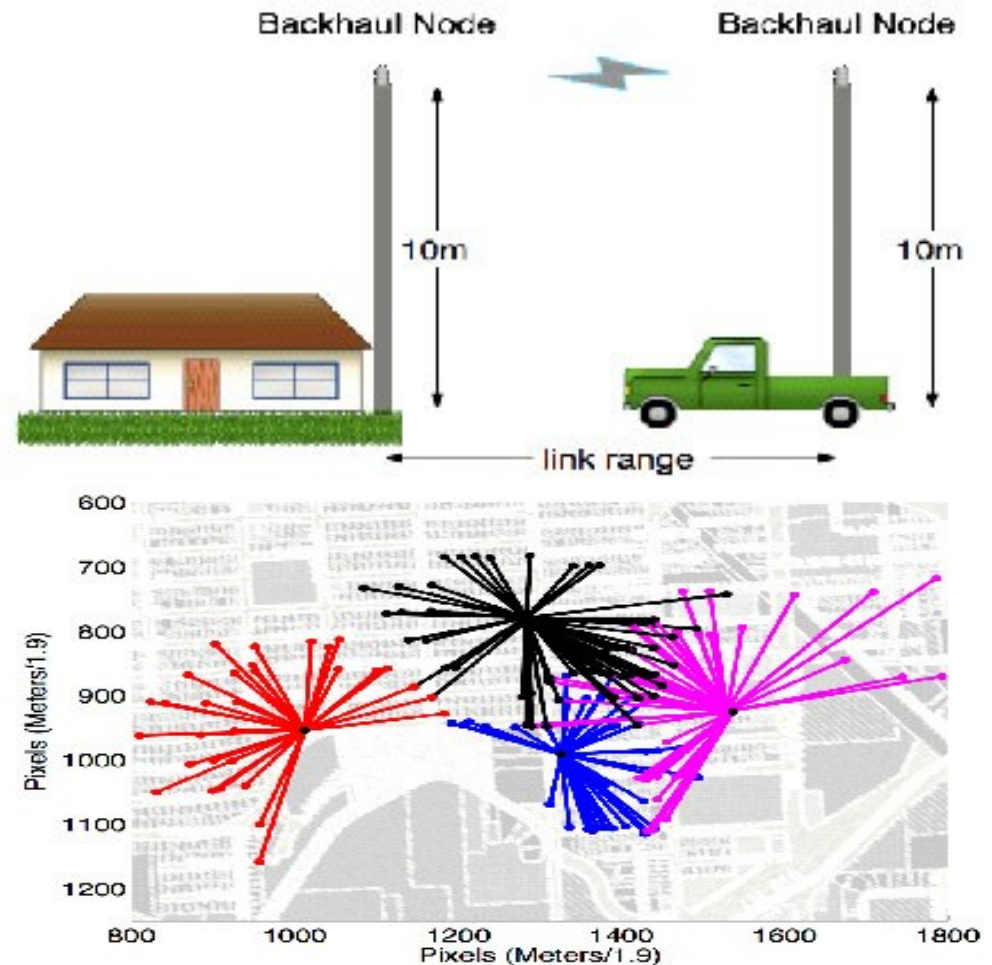
✓ Acces deployments in infancy



# Ejemplo de MESH: Houston



## Backhaul Link Experiments



# Ejemplo de MESH



## ♦ *Redes mesh, más que tecnología.....*

### *El acuerdo PicoPeering*

El acuerdo PicoPeering es un intento de conectar islas de redes comunitarias mediante un esqueleto mínimo de requerimientos de interconexión para un acuerdo equitativo entre usuarios. Sus principios incluyen:

- ♦ Tránsito gratis
- ♦ Comunicación abierta
- ♦ No hay garantías
- ♦ Términos de uso
- ♦ Adaptaciones locales



# Debilidades y limitaciones de las redes MESH



## ♦ **Retardo (Latencia)**

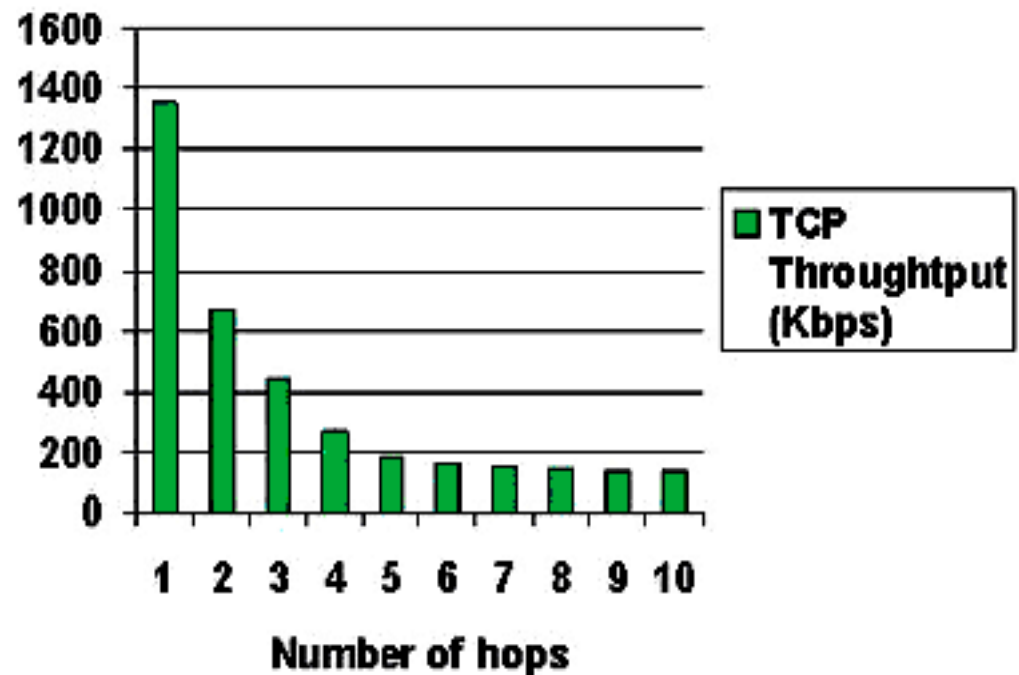
- ✓ La latencia (retardo de propagación de los paquetes), obviamente tiene que crecer con el número de saltos. Los efectos del retardo son dependientes de la aplicación; los correos electrónicos por ej. no sufren ni con grandes latencias, mientras que servicios de voz es muy sensible
- ✓ La latencia se empieza a sentir desde los 170 ms en adelante, pero a veces un retraso de 5 s en una conversación mediante walkie talkie es mejor que no tener conexión

# • Debilidades y limitaciones de las redes MESH



## ♦ Rendimiento

El tema de la disminución del rendimiento (throughput) existe en todas las redes multisalto. El rendimiento disminuye con el número de saltos de acuerdo a  $1/n$  o  $1/n^2$  o  $1/n^{1/2}$ , dependiendo del modelo ("n" es el número de saltos) que se utilice



Rendimiento de TCP para el MAC de 802.11 a una tasa de 2 Mbit/s en función del número de saltos.

# Debilidades y limitaciones de las redes MESH



## ♦ **Escalabilidad**

Todavía son limitadas las aplicaciones de mesh en términos de número de nodos, pero algunas de las conocidas son las siguientes:

- ✓ Rooftop de MIT: 4050
- ✓ Berlín OLSR: cerca de 4000
- ✓ CUWin: cerca de 500
- ✓ Dharamsala: > 50

En las implementaciones comerciales (¿200 nodos?, ¿10,000 nodos?) a menudo no se comparte la experiencia (verdadera) abiertamente y por lo tanto son difíciles de evaluar

# Debilidades y limitaciones de las redes MESH



## ♦ **Seguridad**

Las redes ad hoc por definición necesitan hablar con los clientes antes de autenticarlos, 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)

# Debilidades y limitaciones de las redes MESH



## ♦ ***Distribución de las direcciones IP***

La distribución de las direcciones IP en una red Mesh no es trivial. Mientras que la asignación automática vía DHCP en rangos de IP privado no es problemática, las redes Mesh podrían en principio interactuar con redes vecinas en cualquier momento y el peligro de direcciones duplicadas y conflictos de red es obvio. IPv6 podría traer una solución a esto, pero todavía faltan algunos años para su despliegue a gran escala

# Conclusiones



Esta unidad presenta las bases de una red Mesh, enfocándose en redes comunitarias e implementaciones de software libre. Los aspectos fundamentales son:

- ♦ Las redes Mesh manejan conexiones de “todos contra todos” (Many-to-many) y son capaces de actualizarse dinámicamente optimizando estas conexiones
- ♦ La principales ventajas y limitaciones de las redes Mesh
- ♦ Los elementos de enrutamiento Mesh y el hardware que pueden ser utilizados para construir redes Mesh

# Recursos adicionales



- ◆ Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing”, 2001
- ◆ <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-aodv-08.txt>
- ◆ IETF, Manet Group
- ◆ [www.nortel.com](http://www.nortel.com)
- ◆ “The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks”, 2001
- ◆ <http://www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-manet-dsr-05.txt>
- ◆ Mobile Mesh Home Page
- ◆ [http://www.mitre.org/tech\\_transfer/mobilemesh.html](http://www.mitre.org/tech_transfer/mobilemesh.html)
- ◆ **Performance Evaluation of Important Ad Hoc Network Protocols by S. Ahmed and M. S. Alam** EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking Volume 2006, Article ID 78645, Pages 1–11 DOI 10.1155/WCN/2006/78645
- ◆ **Freifunk**firmware in English: <http://freifunk.net/wiki/FreifunkFirmwareEnglish>