



## Universidad Luterana Salvadoreña

CÁTEDRA:

Redes II

DOCENTE:

Ingeniero Manuel de Jesús Flores Villatoro

Evaluación:

PROYECTO

Red Mesh con Batman-Adv

ESTUDIANTES:

<b>Apellidos</b>	<b>Nombres</b>	<b>Carnet</b>	<b>Participación</b>
González	Óscar Antonio	G01132991	(100%)
Sánchez Palacios	Williams Ernesto	SP01132338	(100%)
Rodríguez Rodríguez	Marbin Antonio	RR01132610	(100%)

San Salvador, 25 de noviembre de 2017

## Sumario

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
MARCO TEÓRICO.....	4
MATERIALES Y MÉTODOS (Metodología).....	7
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROTOCOLOS.....	11
RESULTADOS.....	14
RESULTADOS.....	14
CONCLUSIONES.....	15
RECOMENDACIONES.....	16
GLOSARIO.....	17
BIBLIOGRAFÍA.....	18

## Indice de Imágenes

Ilustración 1: OLSR.....	7
Ilustración 2: DSDV.....	7
Ilustración 3: OSPF.....	8
Ilustración 4: AODV.....	8
Ilustración 5: BABEL.....	9
Ilustración 6: TORA.....	9
Ilustración 7: GPRS.....	11
Ilustración 8: HWMP.....	11

## PALABRAS CLAVES

Batman-Adv, protocolos, had hoc, enrutamiento, capa 2, ethernet, interfaz, red virtual,

## RESUMEN

En este trabajo se hace referencia sobre la principal función de los protocolos de enrutamientos, alcance de las transmisiones, y su clasificación, en unicast y multicast, la topología en la que se dividen. Asimismo, se analizan distintos protocolos de enrutamiento y se presentan sus descripciones para luego compararlos de acuerdo al tipo de protocolo, haciendo una descripción de los protocolos reactivo, como AODV, DSR y TORA y proactivo tales como BATMAN, Babel, DSDV, GPSR, OLSR, OSPF y PWRP; los alcance de trasmisiones, en los unicast el envío de datos se realiza desde un único emisor a un único receptor, mientras que en los multicast el método de transmisión es de uno a muchos. La Métrica de ruteo, es una forma de evaluar cuál ruta es la más conveniente basándose en uno o varios parámetros. Cada protocolo de enrutamiento usa su propia métrica.

En cuanto al uso libre o privativo, la mayoría son de licencia abierta, mientras que pocos, como PWRP y TORA son propietarios.

De igual manera se presenta una tabla comparativa de los protocolos analizados y los materiales que se utilizaron para realizar este proyecto. Se muestran los resultados obtenidos de la investigación, en conclusión se puede decir que las principales ventajas de las redes malladas son el bajo costo ya que se pueden implementar en múltiples dispositivos que están al alcance de todos.

## INTRODUCCIÓN

Las redes malladas o redes mesh son aquellas donde existe comunicación directa de equipo a equipo sin la necesidad de hacer uso de switch o enrutador, la característica de este tipo de redes que cada nodo o equipo puede servir de intermediario para exista comunicación entre los demás equipos de la red.

Hablar de redes mesh es hablar de comunicación entre nodos sin necesidad de cables u otro equipo intermediario. Hoy en día con el auge de la tecnología inalámbrica este tipo de redes es muy utilizado dado sus ventajas y de ahorro monetario, ya que este tipo de redes no requiere de un servidor o nodo central, el siguiente proyecto se enfoca específicamente en crear una red ad hoc, conjunto de redes donde todos los nodos tienen el mismo estado dentro de la red y son libres de asociarse con cualquier otro dispositivo de red ad hoc <sup>1</sup>en el rango de enlace.

Este tipo de topología hace uso de protocolos de ruteo, para saber dónde enviar cada paquete y trazar la mejor ruta para él envió, esto reduce fallos ya que si un nodo falla o desaparece el resto de nodos evita pasar por este nodo, los protocolos de ruteo trazan la mejor ruta para el envió de paquetes este tipo de protocolos trabajan a nivel de capa 2 y 3 del modelo OSI. Para la ejecución de este proyecto utilizaremos el protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N-ADV.

B.A.T.M.A.N-ADV es un protocolo de ruteo que tiene su punto crucial en trazar la mejor ruta a través de la red, permitiendo así que los datos no se concentren en un solo nodo.

---

**1 Topología de red que no requiere de un punto de acceso centralizado, en su lugar, los dispositivos de la red inalámbrica se conectan directamente entre si.**

## MARCO TEÓRICO

En los últimos años hemos sido testigos de la proliferación de redes inalámbricas. Ya que estas ofrecen varias ventajas, con respecto a las redes cableadas, este tipo de redes surgieron por primera vez en la Universidad de Hawai en el año de 1971 para enlazar ordenadores de cuatro islas sin utilizar cables de teléfono. Entonces podemos definir que las redes inalámbricas, son aquellas que posibilitan la interconexión de dos o más equipos entre sí sin que intervengan cables, constituyendo así un eficaz medio para la transmisión de cualquier tipo de datos. Las redes inalámbricas se basan en un enlace que utiliza ondas electromagnéticas en lugar de cableado estándar y están basadas en los protocolos IEEE 802.11x.

Entre las topologías de redes inalámbricas encontramos las redes Mallada Inalámbricas (Mesh). Este tipo de redes se caracterizan por que cada nodo, no sólo debe transmitir y recibir sus propios datos, si no que también debe servir como intermediario o repetidor de señal con los demás nodos. Las ventajas que presenta frente a otras redes son el bajo costo al utilizar enlaces inalámbricos, la facilidad de aumentar el área de cobertura incluyendo nuevos nodos, ya no es necesario cambiar infraestructuras como en el caso de las redes cableadas, la robustez que presenta ante fallos al disponer de rutas alternativas y la capacidad de transmisión que permiten aplicaciones a los usuarios en tiempo real de voz, video y datos. Por tanto, se puede incluir un nuevo nodo en cualquier momento y lugar.

No todas las redes inalámbricas funcionan igual, ni son idénticas. Los puntos de acceso de una red inalámbrica pueden funcionar tanto en el “**modo infraestructura**” o “**ad-hoc**”. La diferencia más grande entre este tipo de redes, es que el **modo infraestructura** todos los dispositivos se comunican a través de un punto de acceso, que en su defecto es el router inalámbrico. Mientras que el modo **ad-hoc** no requiere de un punto de acceso centralizado, en su lugar, los dispositivos de la red inalámbrica se conectan directamente entre sí.

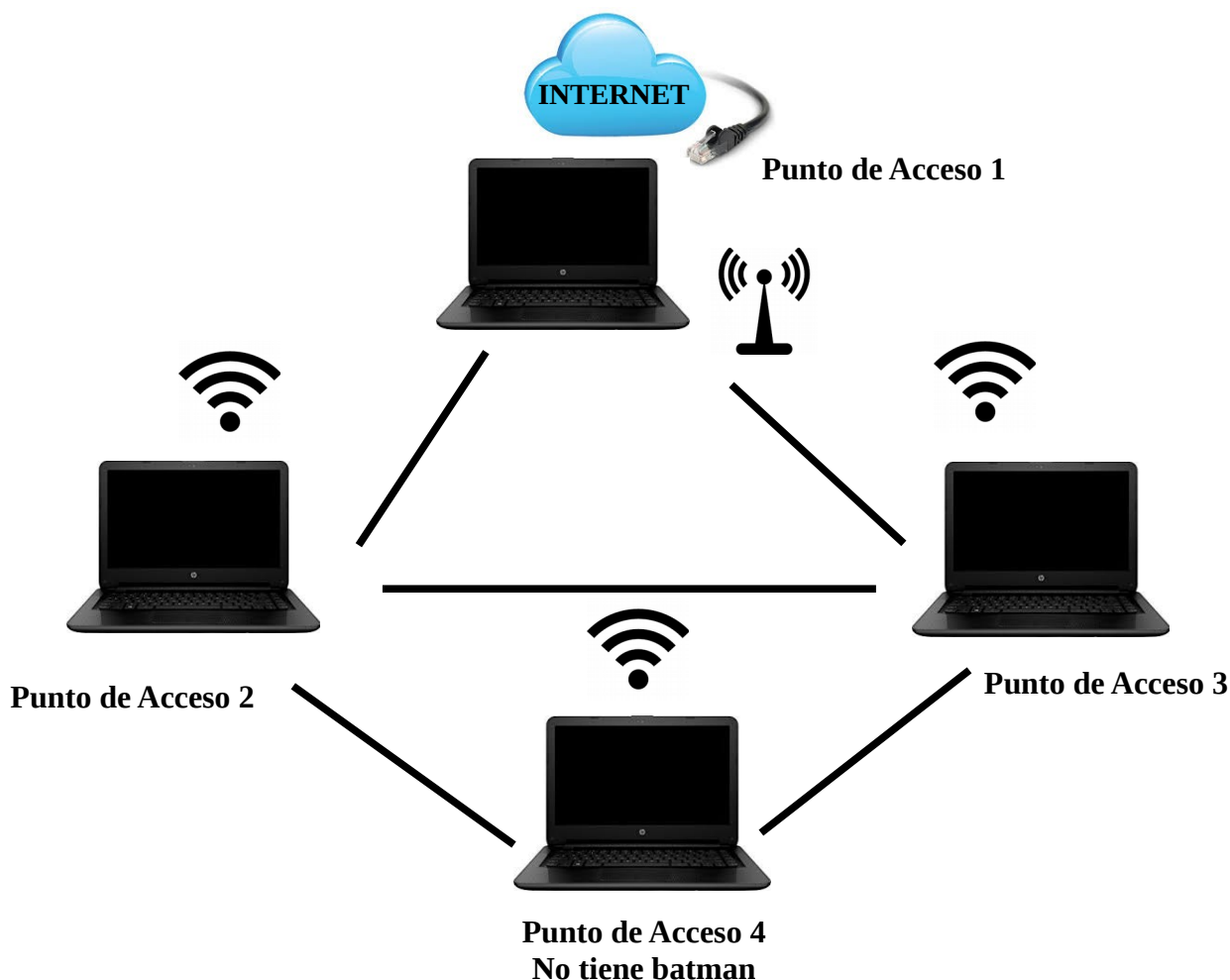
## DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto a implementar consiste en la configuración de una red ad-hoc, haciendo uso del protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N-adv, el desarrollo del proyecto se llevara a cabo en tres equipos portátiles(Laptops) con sistema operativo Debian 8 Jessie.

Con el presente trabajo se pretende mostrar el funcionamiento del protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N-adv y describir la forma en que este protocolo traza el mejor camino a través de sus nodos vecinos para que la información llegue al nodo destino.

Para dicho proyecto se conectarán tres equipos con batman-adv instalado que se convertirán en nodos, uno de ellos se conectará a Internet a través de una interfaz cableada, recibirá peticiones y luego utilizando una mesh-bridge como puente, redireccionará los datos a la interfaz bat0 (interfaz de batman) para que sirva como punto de acceso para que los demás nodos se conecten.

### DIAGRAMA DE RED.



## VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS REDES MALLADAS

### VENTAJAS

- Es una red confiable dado que si uno de sus nodos sufre daños, la posibilidad de que interfiera con las acciones de los demás nodos es casi nula.
- Fácil instalación, cuando un nodo encuentra a otro, está listo para brindar servicio.
- Todos los nodos se comunican entre sí.
- Se puede enviar información entre nodos

### DESVENTAJAS

- Latencia, debido a la cantidad de saltos que da desde su partida hasta su destino genera retraso.
- Pueden haber interferencias por el limitado número de frecuencias de las redes WLAN.
- Los datos que se intercambian pueden ser interceptados

## PROTOCOLOS DE ENRUTAMIENTO

La principal función de los protocolos de enrutamiento es la de seleccionar el camino entre el nodo fuente y destino de una manera rápida y fiable. Las redes malladas inalámbricas pueden utilizar los protocolos de enrutamiento de otras redes ya existentes, pero modificándolos para que funcionen correctamente con ellas. Si se elige esta opción, el protocolo de enrutamiento modificado debe asegurar las principales características que son el número de saltos, el rendimiento, la tolerancia a fallos, el equilibrado de carga, la escalabilidad y el soporte adaptativo.

Otra opción, es diseñar un nuevo protocolo de enrutamiento para las redes malladas inalámbricas. Esta solución es más costosa ya que cuando se desarrolla un nuevo protocolo hay que probarlo, modificarlo y solucionar los fallos. Por tanto, el tiempo de realización es mayor que si nos centramos en un protocolo ya experimentado. Podemos clasificar los protocolos de enrutamiento en base al alcance de las transmisiones, al modo que descubren las rutas y con base al algoritmo que implementan.

Con base al alcance de las transmisiones, se clasifican en unicast y multicast. Los protocolos unicast transmiten los paquetes de datos uno a uno. El envío de datos se realiza desde un único emisor a un único receptor, mientras que en los multicast el método de transmisión es de uno-a-muchos, es



decir, se envían los paquetes de datos a múltiples destinos simultáneamente. Un caso especial es la transmisión broadcast, donde se envía la información a todos los nodos de la red.

Basándose en el modo que descubren las rutas, hay dos grandes grupos: los que se basan en la topología de la red o los que se basan en la posición de los nodos. A su vez, los protocolos que se basan en la topología se subdividen en reactivos y proactivos. Los protocolos proactivos tienen un conocimiento exhaustivo del estado de la red, de modo que cuando se necesita una ruta, ésta ya es conocida y está lista para usarse de manera inmediata. En escenarios cambiantes no es muy aconsejable, porque se precisa que las tablas de enrutamiento estén actualizadas mediante el envío continuo de mensajes. Esto provoca una sobrecarga de mensajes de control en la red. Los protocolos reactivos sólo obtienen información de enrutamiento cuando es necesario. En consecuencia, la sobrecarga de la red es menor que en los protocolos proactivos, mientras que el tiempo en establecer la comunicación aumenta.

También existen protocolos que combinan los anteriores y son los que se denominan protocolos de enrutamiento híbridos. Aprovechan las ventajas de cada uno de los protocolos: utiliza el enrutamiento proactivo cuando los nodos están cerca y utiliza el enrutamiento reactivo cuando los nodos están lejos. También se utiliza el enrutamiento reactivo cuando los caminos son utilizados en pocas ocasiones.

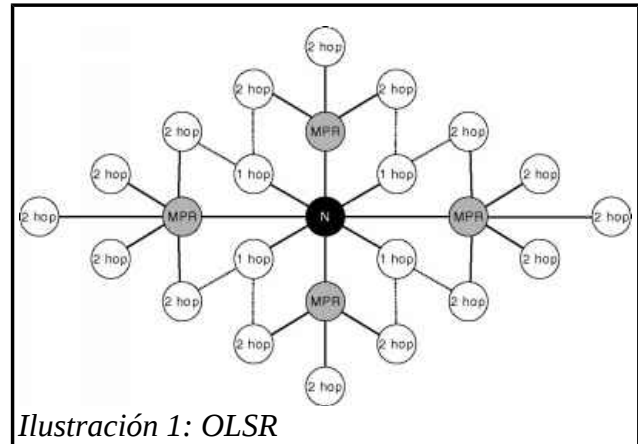
Por último, se pueden clasificar a los protocolos de enrutamiento con base al algoritmo que implementan, que puede ser, estado del enlace o vector de distancias. En los protocolos de estado de enlace todos los nodos tienen una tabla con el mapa de red completo. En esta tabla se define el enlace y la distancia para llegar de un nodo a otro y cada nodo envía cada cierto tiempo la información de cómo llegar a sus vecinos. En los protocolos de vector de distancia cada nodo conoce los vecinos conectados a él y los costes de dichos enlaces. Cada cierto tiempo el nodo transmite su tabla de enrutamiento a sus vecinos y éstos recalculan su tabla de enrutamiento si existe nueva información. Los nodos no conocen toda la topología de la red.

## MATERIALES Y MÉTODOS (Metodología)

Se ha realizado la investigación de protocolos que tienen realizan la misma función que Batman-Adv, así como sus características propias, objetivos y técnicas que utilizan. A continuación, se analizan y se comparan once de los protocolos más utilizados en las redes mesh, los cuales se describen a continuación:

### 1. OLSR:

Optimized Link State Routing Protocol, es un protocolo proactivo que se basa en el estado de los enlaces. Se utiliza la técnica MPR (Multipoint Relaying) que consiste en elegir un conjunto de nodos vecinos que cubran el acceso de nodos distantes a 2 saltos o más. Se adapta bien en redes con un gran número de nodos y de alta movilidad. El formato del paquete es igual para todos los datos del protocolo, así es fácil la extensión del mismo.



Para saber el estado de un enlace se envían mensajes de HELLO. Cada nodo tiene asociado a cada vecino el estado del enlace. Cuando un nodo detecte la aparición de un nuevo vecino se debe incluir una nueva entrada a la tabla de enrutamiento e incluir el estado del enlace. Además, si se detecta una variación en el estado de un enlace, se debe comprobar en la tabla de enrutamiento que el cambio ha sido reflejado. Si no se recibe información de un enlace durante un tiempo determinado se elimina de la tabla de enrutamiento el enlace y el vecino correspondiente. Para calcular las rutas, cada nodo contiene una tabla de enrutamiento con el estado del enlace y el nodo. El estado del enlace se mantiene gracias al intercambio de mensajes periódicos. La tabla de enrutamiento se actualiza si se detecta algún cambio en el campo de enlace, de vecino, de vecino de dos saltos o en la topología.

### 2. DSDV

Destination Sequenced Distance Routing, es un protocolo unicast proactivo adaptado del tradicional protocolo RIP (Routing Information Protocol). Añade al protocolo RIP el número de secuencia, que es un nuevo atributo que se incluye en la tabla de enrutamiento. Esta información es útil para detectar la información más reciente y para evitar bucles.

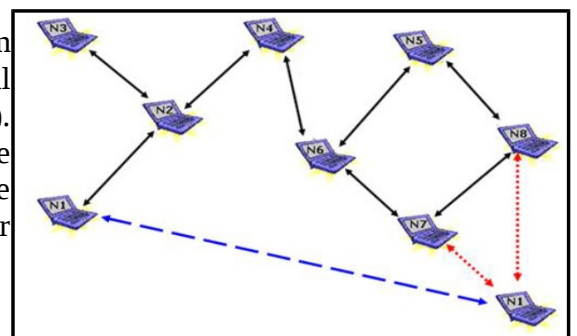
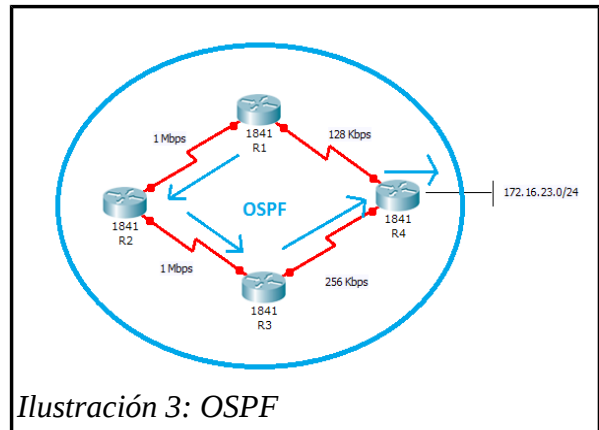


Ilustración 2: DSDV

### 3. OSPF:

Open Short Path First, es un protocolo de enrutamiento proactivo basado en el estado de enlace. Se puede utilizar en redes pequeñas y grandes. En redes grandes se utiliza el diseño jerárquico. Varias zonas se conectan a un área de distribución o área cero que se denomina backbone. Definiendo estas áreas se consiguen las siguientes ventajas: Reduce el gasto de procesamiento de información, acelera la convergencia, limita la inestabilidad de la red a un solo área y mejora el rendimiento. Cada nodo contiene la información de los nodos vecinos con su correspondiente estado de enlace y esta información es enviada a todos los vecinos. De modo que un nodo OSPF publica sus estados de enlace y los enlaces recibidos. Así cada nodo del área está informado de la base de datos y vecinos del resto de nodos.

Para reducir el número de mensajes de enrutamiento entre los vecinos de la misma red, se selecciona un router designado y un router designado de respaldo que sirven como intercambiador de mensajes de información de enrutamiento. Este no fue concebido para trabajar con redes inalámbricas sino para redes cableadas.



### 4. PWRP:

Predictive Wireless Routing Protocol, es el único protocolo de enrutamiento pro activo desarrollado específicamente para redes inalámbricas. Además de validar el estado del enlace, como todos los demás protocolos, valida la calidad del enlace. Este protocolo recalcula 4 veces por segundo el estado de los enlaces de toda la red mallada y selecciona la ruta en función del estado de la red en cada momento. Este funcionamiento soporta redes dinámicas y proporciona la ruta más óptima en cada momento.

### 5. AODV:

Ad hoc On-Demand Distance Vector, es un protocolo diseñado para redes móviles. Permite el enrutamiento dinámico, autoconfigurable y multi-salto entre nodos. Se trata de un protocolo reactivo y unicast que se construye sobre el protocolo proactivo DSDV. La mejora que realiza sobre este protocolo es que minimiza el número de broadcast requeridos para crear rutas. Esto es así porque al tratarse de un protocolo bajo demanda los nodos que no están en el camino elegido no tienen que mantener la ruta ni participar en el intercambio de las tablas de enrutamiento.

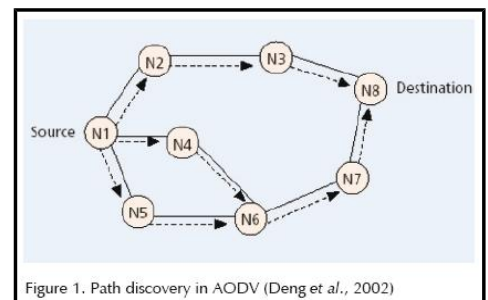


Ilustración 4: AODV

Cuando un nodo quiere transmitir y no encuentra una ruta válida en su tabla de enrutamiento comienza con el proceso de descubrimiento de rutas. Entonces se realiza un broadcast de mensajes a sus vecinos hasta que alcance al destino o a algún nodo intermedio que tenga la ruta hacia el destino creada recientemente. Para identificar si las rutas son recientes se

utilizan los números de secuencia. Cuando el mensaje llega al destino o a un nodo con una ruta reciente hacia el destino, responde enviando un mensaje al vecino del que recibió el primer el mensaje y todos los nodos intermedios anotan la ruta como la más reciente hacia el destino. Por este motivo AODV sólo puede emplearse en enlaces bidireccionales.

## 6. BABEL:

Es uno de los protocolos más nuevos. Está basado en el algoritmo vector de distancias y diseñado para ser robusto y eficiente tanto en redes cableadas como en redes inalámbricas malladas. Se origina sobre las ideas de Destination-Sequenced Distance Vector routing (DSDV) y Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing (AODV). Emplea varias técnicas para asegurar la ausencia de patologías de ruteo tal como ser bucles. Es proactivo, pero con características adaptativas (reactivo). Tiene múltiples estrategias para el cálculo de costos de los enlaces y métricas de ruteo.

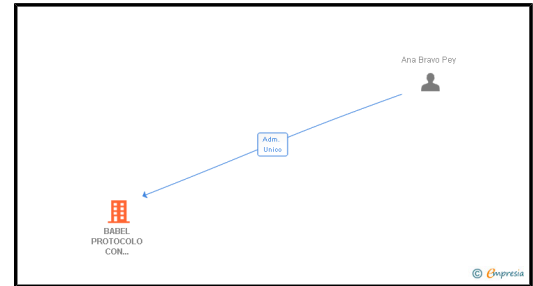


Ilustración 5: BABEL

## 7. DSR:

Dynamic Source Routing, es un protocolo donde el enrutamiento se organiza desde el origen. Se incluye en la cabecera de los datos un campo de información sobre los nodos exactos que debe atravesar, de modo que no se necesita de mensajes periódicos y se disminuye la sobrecarga de mensajes de control. Además, ofrece la posibilidad de obtener con una solicitud de una ruta, múltiples caminos hacia el destino. Cada nodo dispone de una memoria caché de rutas donde almacena las rutas ya descubiertas. Cuando un nodo quiere transmitir lo primero que hace es consultar su tabla de enrutamiento para saber si hay una ruta hacia ese destino. Si no tiene la ruta comienza el descubrimiento mediante broadcast de mensajes. Es un protocolo reactivo.

## 8. TORA:

Temporally Ordered Routing Algorithm, es un protocolo de enrutamiento reactivo que se basa en ofrecer al nodo origen múltiples trayectos para alcanzar al destino. Este protocolo fue propuesto para redes muy dinámicas. Cuando se detecta un cambio en la topología se generan mensajes de control en un pequeño conjunto de nodos cercanos al cambio. Para utilizar estas funciones básicas define tres tipos de paquetes de control: QUERY (QRY), UPDATE (UPD), CLEAR (CLR). En las fases de creación y mantenimiento el paquete QRY se utiliza como petición y el paquete UPD se utiliza como respuesta. Cuando un nodo necesita enrutamiento reactivo que se basa en ofrecer al nodo origen múltiples trayectos para alcanzar al destino. Este protocolo fue propuesto para redes muy dinámicas.

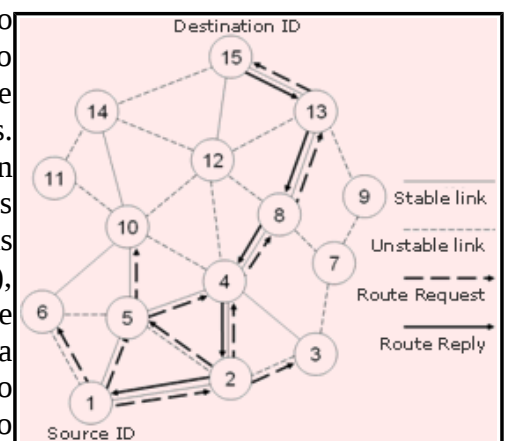


Ilustración 6: TORA

Cuando se detecta un cambio en la topología se generan mensajes de control en un pequeño conjunto de nodos cercanos al cambio. Para utilizar estas funciones básicas define tres tipos de paquetes de control: QUERY (QRY), UPDATE (UPD), CLEAR (CLR). En las fases de creación y mantenimiento el paquete QRY se utiliza como petición y el paquete UPD se utiliza como respuesta. Cuando un nodo necesita descubrir una ruta hacia un destino se hace un envío broadcast de mensajes QRY. El destino o un nodo que posea una ruta válida hacia el destino le responde con un mensaje UPD. El paquete CLEAR se utiliza como broadcast para eliminar las rutas inválidas cuando un nodo es inaccesible.

## 9. GPRS:

Greedy Perimeter Stateless Routing es uno de los primeros protocolos de enrutamiento basados en la posición de los nodos. Este protocolo reacciona rápidamente y es eficiente en redes móviles. Estudia la relación entre la posición y la conectividad geográfica de la red inalámbrica, utilizando las posiciones de los nodos para tomar decisiones de retransmisión de paquetes. Se utiliza en redes móviles vehiculares. Para llevar a cabo el enrutamiento de los paquetes de datos desde un nodo origen hacia un determinado destino, no establece de antemano una ruta por la cual circularán todos los paquetes, sino que cada nodo intermedio decide hacia qué nodo encaminará cada paquete recibido en base a la localización del destino final y la posición de sus nodos vecinos. Para tomar esta decisión, distingue dos modos de enrutamiento: greedy forwarding y perimeter forwarding.

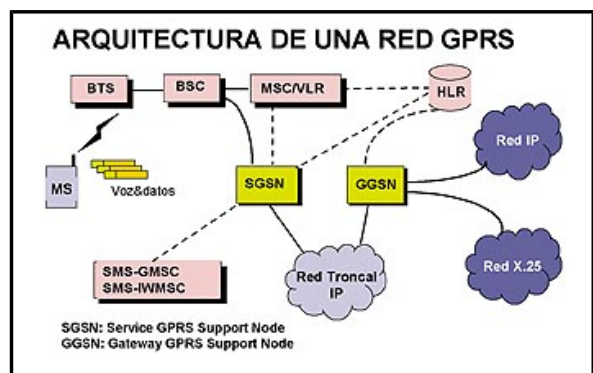


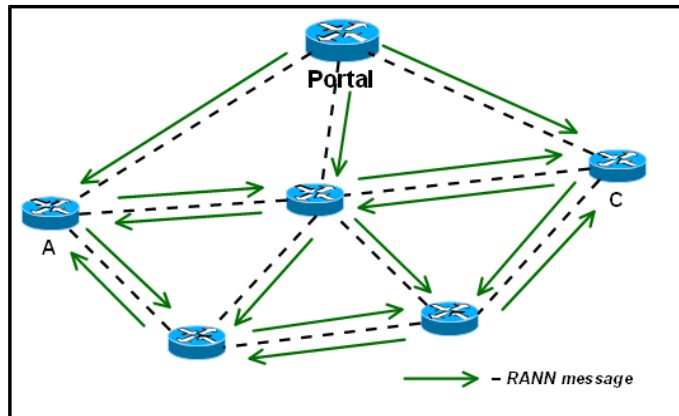
Ilustración 7: GPRS

Con el primer modo (el empleado por defecto) el nodo transmite el paquete de datos a su nodo vecino que más cerca se encuentre del destino, de forma que el paquete se irá aproximando progresivamente al destino final. Sin embargo, cuando un nodo no tenga ningún vecino más próximo al destino que él mismo, cambiará el modo de enrutamiento a perimeter forwarding e intentará encaminar el paquete de datos de manera que bordeé la zona en la que no había ningún nodo disponible. Independientemente del modo de enrutamiento empleado, el proceso se repite en cada nodo retransmisor hasta que el paquete alcanza el nodo destino. Los protocolos basados en la posición normalmente muestran problemas de enrutamiento en escenarios con presencia de edificios, obstáculos, bifurcaciones e intersecciones.

## 10. HWMP:

Es el protocolo de rutado que especifica el nuevo estándar IEEE 802.11s para redes malladas que se aprobó en 2011. Es un protocolo híbrido que tiene un conocimiento parcial de la topología, es decir conoce sólo a los vecinos.

Este protocolo debe ser implementado obligatoriamente por todos los nodos mesh, aunque se permite usar protocolos adicionales. La principal ventaja de este estándar



es que introduce un mecanismo de

enrutamiento en la capa 2 (MAC), haciéndolo aparecer como un sistema LAN (802.x) para protocolos de capas superiores. Además, define no sólo cuestiones de enrutamiento sino también aspectos como acceso al medio, sincronización o seguridad. El hecho de que el enrutamiento funcione en la capa de enlace de datos también se convierte en una desventaja, ya que de esta manera no se puede aprovechar la estructura jerárquica de protocolos de direccionamiento superiores, como IP, ni interconectar diferentes redes. Este hecho hace que sea complicado enrutar paquetes sólo con HWMP en redes mesh de tamaño medio o grande. Por ello se hace necesario combinar este protocolo con otros de capas superiores.

## 11. BATMAN-ADV

BATMAN es un protocolo de enrutamiento cada vez más popular en las redes inalámbricas móviles ad hoc, y producto de esta popularidad ha sido llevado al kernel de Linux. La motivación en el desarrollo de BATMAN era remplazar el protocolo OLSR, debido a las dificultades inherentes a este. BATMAN solo conoce el siguiente salto a diferencia de OLSR que mantiene las rutas para todos los vecinos de la red. Los mensajes de enrutamiento que se envían en el protocolo BATMAN se denominan Originator Messages (OGMs), y son paquetes UDP (User Datagram Protocol) de 52 bytes de longitud. El campo más importante de estos mensajes es el campo Originator Address, que contiene la dirección de host del nodo emisor.

Cuando otro nodo recibe este mensaje, comprueba si la dirección del originador y la dirección fuente de la cabecera IP coinciden, y en caso afirmativo los dos nodos son vecinos directos. Todos los OGMs dentro de la red BATMAN son difundidos y re-difundidos por los nodos de la red hasta que el valor del campo TTL (Time To Live) sea cero, hasta que se hayan perdido los paquetes, o hasta que el nodo recibe un OGM que él mismo ha enviado previamente. Todos los nodos conocerán de la existencia de los demás y qué nodos constituyen el primer salto entre ellos y el resto de los nodos de la red, es decir, el primer salto de la ruta. Los nodos y los primeros saltos en sus trayectos se almacenan en una lista llamada Originator List. Existen dos versiones completamente diferentes del protocolo de enrutamiento BATMAN, y el descrito anteriormente es el BATMAN Daemon o batmand, que es un protocolo de capa de red. Sin embargo, existe una versión más reciente del protocolo denominada BATMAN Advanced o batman-adv.

## ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS PROTOCOLOS

Para el análisis comparativo de los protocolos se tomaron los siguientes parámetros:

- Tipo de Protocolo
- Alcance de transmisiones
- Métrica de ruteo
- Si es de Uso Libre o Propietario.

### A) TIPOS DE PROTOCOLO:

Una de las principales características que deben ser consideradas al momento de elegir un protocolo es determinar si es reactivo, proactivo o basado en la posición. Los proactivos tienen un conocimiento exhaustivo del estado de la red, de modo que cuando se necesita una ruta, ésta ya es conocida y está lista para usarse de manera inmediata. En escenarios cambiantes no es muy aconsejable, porque se precisa que las tablas de enrutamiento estén actualizadas mediante el envío continuo de mensajes.

Esto provoca una sobrecarga de mensajes de control en la red. Los protocolos reactivos sólo obtienen información de enrutamiento cuando es necesario. En consecuencia, la sobrecarga de la red es menor que en los protocolos proactivos, mientras que el tiempo en establecer la comunicación aumenta. También existen protocolos que combinan los anteriores y son los que se denominan protocolos de enrutamiento híbridos. Utilizan las ventajas de cada uno de los protocolos: el enrutamiento proactivo cuando los nodos están cerca y el enrutamiento reactivo cuando los nodos están lejos.

También se utiliza el enrutamiento reactivo cuando los caminos son utilizados en pocas ocasiones. La mayoría de los protocolos analizados son proactivos: BATMAN, Babel, DSDV, GPSR, OLSR, OSPF y PWRP. Los protocolos reactivos son AODV, DSR y TORA, mientras que el estándar 802.11s propone utilizar un protocolo híbrido.

### B) ALCANCE DE LAS TRANSMISIONES:

Otra característica a considerar es si son unicast o multicast. En los protocolos unicast el envío de datos se realiza desde un único emisor a un único receptor, mientras que en los multicast el método de transmisión es de uno a muchos. La mayoría de los protocolos analizados son unicast: AODV, DSDV, DSR, OLSR, OSPF, PWRP y TORA. Hay tres protocolos que son multicast: BATMAN y Babel. El protocolo propuesto en el estándar 802.11s combina ambas características. El protocolo GPSR es geocast, lo cual se refiere a la entrega de información a un grupo de destinos en una red identificada por sus ubicaciones geográficas. Es una forma especializada de transmisión multicast utilizada por algunos protocolos de enrutamiento para redes móviles ad hoc.

### C) MÉTRICA DE RUTEO:

Cuando un protocolo de enrutamiento aprende sobre más de una ruta para llegar a un mismo destino, debe poder diferenciar cuál es la más conveniente para llegar a ese destino. Una métrica es una forma de evaluar cuál ruta es la más conveniente basándose en uno o varios parámetros. Cada protocolo de enrutamiento usa su propia métrica. Por ejemplo, DSDV, DSR y OLSR usan el conteo de saltos y AODV usa una combinación de ancho de banda y conteo de saltos. La métrica varía entre protocolos y no son comparables, esto implica que dos protocolos pueden elegir dos rutas distintas hacia el mismo destino.

Por ejemplo OLSR elegirá la ruta que implique menos saltos entre routers, mientras que OSPF elegirá aquella que presente el mayor ancho de banda aun cuando esta ruta lleve más saltos. PWRP calcula dinámicamente los enlaces y selecciona por el camino más óptimo. Otros casos especiales son: TORA que construye múltiples caminos utilizando grafos acíclicos dirigidos, BATMAN que busca el próximo mejor vecino para cada destino y GPSR utiliza la posición geográfica para reenviar paquetes a los nodos más cercanos. Babel y HWMP (802.11s), al ser los más nuevos, permiten configurar y combinar métricas.

### D) USO LIBRE O ES PROPIETARIO:

En cuanto a su distribución la mayoría son de licencia abierta, mientras que pocos, como PWRP y TORA son propietarios.



## TABLA COMPARATIVA DE PROTOCOLOS ANALIZADOS

No.	PROTOCOLO	TIPO	ALCANCE DE TRANSMISIONES	MÉTRICA DE RUTEO	USO LIBRE / PRIVATIVOS
1	BATMAN	Proactivo	Multicast	próximo mejor salto para cada destino	Libre
2	AODV	Reactivo	Unicast	Camino más rápido y más corto	Libre
3	Babel	Proactivo	Multicast	Configurable. Por default: Calidad del enlace	Libre
4	DSDV	Proactivo	Unicast	Camino más corto	Libre
5	DSR	Reactivo	Unicast	Camino más corto	Libre
6	GPSR	Proactivo. Basado en la posición	Geocast	Utiliza la posición geográfica para reenviar paquetes a nodos más cercanos	Libre
7	HWMP	Híbrido	Hibrido	Permite combinación de métricas	Libre
8	OLSR	Proactivo	Unicast	Camino más corto	Libre
9	OSPF	Proactivo	Unicast	Camino más corto	Libre
10	PWRP	Proactivo	Unicast	Camino más óptimo (recálculo dinámico de enlaces)	Propietario
11	TORA	Reactivo	Unicast	Construcción de múltiples caminos utilizando DAG	Propietario

## MATERIALES

Para realizar este proyecto se han requerido los siguientes materiales y equipo:

- ✓ Tres equipos que funcionen como nodos con batman-adv instalado
- ✓ Una computadora o teléfono que no tenga batman-adv instalado
- ✓ Un modem para compartir internet wifi
- ✓ Un switch u Openwrt
- ✓ Sistema operativo GNU/Linux

## **PRESUPUESTO.**

El siguiente presupuesto ha sido elaborado con base a las veinte semanas que comprende el ciclo II-2017, periodo durante el cual se ejecuto el proyecto.

<b>GASTOS</b>	<b>COSTO</b>
TRANSPORTE	\$150.00
ALIMENTACIÓN	\$100.00
INTERNET	\$91.00
USB WI-FI	\$11.00
IMPREVISTOS	\$50.00
<b>Total</b>	<b>\$402.00</b>

## **RESULTADOS**

Para las respectivas pruebas del funcionamiento del protocolo de enrutamiento B.A.T.M.A.N-Adv se instaló dicho protocolo en tres equipos Portátiles (Laptops), en los cuales se ejecutó el protocolo de enrutamiento, pudimos constatar que las máquinas se conectaron, ya que en cada equipo era capaz de detectar la Dirección MAC del nodo vecino al ejecutar B.A.T.M.A.N-Adv, después de esto verificamos si en la red mallada se puede compartir internet y para esto hicimos que solo una computadora tuviera acceso a internet por medio de red cableada, y servirá como repetidor para compartir internet al resto de la red mallada, y estas conectaron correctamente, transfiriendo y recibiendo datos a través de la red.

De igual manera se logró que un celular tomado como dispositivo que no tenía batman-adv instalado, pudiera ser parte de la red mallada y recibir señal de internet, mediante la asignación de ip.

## CONCLUSIONES

Las principales ventajas de las redes malladas son el bajo costo ya que se pueden implementar en múltiples dispositivos que están al alcance de todos. Además, existen diversos fabricantes que ofrecen soluciones viables para la implementación de este tipo de redes.

Otro punto a favor es que las redes malladas inalámbricas son compatibles con las redes existentes.

En este trabajo se analizaron distintos protocolos y se presentaron brevemente sus descripciones para luego compararlos de acuerdo al Tipo de Protocolo, Alcance de transmisiones, Métrica de ruteo, y si es de Uso Libre o es Propietario, logrando determinar que Batman-adv es uno de los protocolos de enrutamiento más populares en las redes inalámbricas móviles ad hoc, y producto de esta popularidad ha sido llevado al kernel de Linux, los mensajes son enviados como paquetes UDP.

Para elegir el mejor protocolo de enrutamiento hay que estudiar las necesidades de la red y sopesar si se necesita un protocolo que sea rápido en las comunicaciones, aunque la transmisión de mensajes de control sea excesiva, o si por el contrario se prefiere una comunicación más lenta pero que no sobrecargue la red con mensajes de control. O en su defecto utilizar protocolos híbridos.

El dinamismo de la red es crítico para la toma de la decisión, ya que en una red muy dinámica los protocolos proactivos pierden atractivo porque las rutas que descubren están anticuadas para cuando van a usarse. Hay otros protocolos que quedaron fuera del objeto de estudio dado que no se pudo encontrar información detallada acerca de ellos.

## RECOMENDACIONES

- La implementación de este tipo de topología, ayuda a disminuir considerablemente los costos monetarios, dado que se ahorrara en cables o dispositivos intermediarios para establecer comunicación entre los nodos de la red.
- Existe una amplia gama de protocolos de ruteo, dentro de los cuales B.A.T.M.A.N-ADV es uno de los más indicados ya que es gratuito. Su configuración puede ser complicada, pero hay muchos casos expuestos del éxito logrado tras su implementación.
- Se debe tener un amplio conocimiento de redes para configurar este tipo de redes exitosamente.

## GLOSARIO

**Redes Malladas (Mesh):** La red inalámbrica mallada es una red en malla implementada sobre una red inalámbrica LAN. Los nodos son capaces de configurarse automáticamente y volver a configurarse de forma dinámica para mantener la conectividad de la malla.

**Red ad-hoc:** Es un tipo de red inalámbrica descentralizada. La red es **ad hoc** porque no depende de una infraestructura preexistente, como routers (en redes cableadas) o de puntos de accesos en redes inalámbricas administradas. En lugar de ello, cada nodo participa en el encaminamiento mediante el reenvío de datos hacia otros nodos, de modo que la determinación de estos nodos hacia la información se hace dinámicamente sobre la base de conectividad de la red.

**Protocolos de ruteo:** En un sistema de conmutación de paquetes , el ruteo es el proceso de selección de caminos para enviar un paquete, siendo los protocolos de enrutamiento o ruteo los que difunden la información de la manera mas eficiente a sus nodos vecinos.

**Nodo:** En informática y en telecomunicación, de forma muy general, un nodo es un punto de intersección, conexión o unión de varios elementos que confluyen en el mismo lugar.

**Métrica de Ruteo:** Es un valor que toman los diferentes protocolos de enrutamiento para poder determinar cual es la mejor ruta hacia una red de destino. Esto va a depender de cual sea el protocolo de enrutamiento que se esté utilizando, ya que cada uno usa una métrica diferente.

**Mesh-bridge:** Puente de enlace entre la interfaz eth0 y la interfaz bat0

**MTU:** Unidad Máxima de transferencia

## BIBLIOGRAFÍA

“B.A.T.M.A.N.” *Wikipedia, la enciclopedia libre*, October 4, 2017.  
<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=B.A.T.M.A.N.&oldid=102345039>.

“Documento\_completo.pdf”. Consultado el 7 de octubre de 2017.  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23759/Documento\\_completo.pdf?sequence=1](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/23759/Documento_completo.pdf?sequence=1).

Libro Protocolos de encaminamiento para Redes malladas Inalámbricas: un estudio comparativo.  
Eduardo Rodríguez, Claudia Deco, Luciana Burzacca, Mauro Petinari  
Departamento de Investigación Institucional, Facultad de Química e Ingeniería, Universidad  
Católica Argentina, 2000 Rosario, Argentina  
{erodriguez, cdeco, lburzacca, mpetinari}@uca.edu.ar