

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

TESIS DE GRADO

---

# Integración de LibreMesh para Incentived Mesh Networking

---

*Autor:*

Luciano BRUNA

*Directores:*

Dr. Claudio DELRIEUX

Dr. Eduardo PAOLINI

Dr. Carlos MATRÁNGOLO

Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras

6 de octubre de 2018

*«Cuando cambiamos la forma de ver las cosas, las cosas cambian (aca iria una frase como la gente, afín al trabajo y con la que me identifique, si es que llegase a encontrar una, sino esta pagina se omite).»*

Wayne Dyer

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

## *Resumen*

Universidad Nacional del Sur  
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computadoras

Ingeniero Electrónico

### **Integración de LibreMesh para Incentived Mesh Networking**

por Luciano BRUNA

Acá iría el abstracto, un resumen de todo lo que hice. Podría tener un poquito de narrativa tensional tal y como menciono claudio. "se vio ante tal o cual eventualidad, las redes mesh son la posible solución. Investigando redes mesh e incursionando en el término incentived mesh, se detectó que althea y libre mesh podrían integrarse y mejorar así el avance de ambos grupos." Pero no mucho, la idea es que acá en el abstracto va todo más resumido y serio. En cambio, más adelante en la introducción iría más narrativa que atrape al lector no experto en el tema.



## *Agradecimientos*

Esto para mi es muy importante, no solo agradecer a mis directores y advisors sino tambien a Nicolas Pace, Althea. Aca irian los agradecimientos



# Índice general

<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>V</b>
<b>1. Introduccion</b>	<b>1</b>
<b>2. Marco Teórico</b>	<b>3</b>
2.1. Definiciones Iniciales . . . . .	3
2.1.1. Redes Ad Hoc y Redes Mesh . . . . .	3
2.2. Protocolos de Ruteo . . . . .	4
2.2.1. Algoritmo Vector-Distancia . . . . .	4
2.2.2. Protocolo OLSR . . . . .	5
2.2.3. Protocolo BatMan . . . . .	6
2.2.4. Protocolo Babel . . . . .	6
2.2.5. Protocolo SSR . . . . .	6
2.2.6. Comparaciones . . . . .	6
2.3. Criptografía . . . . .	6
2.3.1. Hashing . . . . .	6
<b>3. Aplicaciones Reales de Redes Mesh</b>	<b>7</b>
3.1. LibreMesh . . . . .	7
3.2. Althea . . . . .	7
3.3. Ammbr . . . . .	7
<b>4. Trabajo Realizado</b>	<b>9</b>
<b>5. Conclusiones</b>	<b>11</b>
<b>A. Preguntas Frecuentes</b>	<b>13</b>
A.1. Qué hace a un protocolo de ruteo mejor que otro? . . . . .	13
<b>Bibliografía</b>	<b>15</b>





# Índice de figuras

1.1. <i>Topología de redes mesh WCNs. (falta cortar la foto por la mitad y traducirla al castellano)</i> . . . . .	1
2.1. <i>Topología de red para ejemplificar la limitación del protocolo vector distancia.</i>	5
4.1. <i>Topología de primer red mesh realizada.</i> . . . . .	9



# Índice de cuadros

1.1. Comunidades de redes mesh WCNs en todo el mundo. . . . .	2
---	---



# List of Abbreviations

<b>SSID</b>	<b>S</b> ervice <b>S</b> et <b>I</b> dentifier
<b>BATMAN</b>	<b>B</b> etter <b>A</b> pproach <b>T</b> o <b>M</b> obile <b>A</b> d-hoc <b>N</b> etworks
<b>WCN</b>	<b>W</b> ireless <b>C</b> ommunity <b>N</b> etworks
<b>MANET</b>	<b>M</b> obile <b>A</b> d-Hoc <b>N</b> ETworks
<b>MPR</b>	<b>M</b> ulti <b>P</b> oint <b>R</b> elay
<b>OLSR</b>	<b>O</b> ptimized <b>L</b> ink <b>S</b> tate <b>R</b> outing



*Dedicado a Diana Sanchez...*





## Capítulo 1

# Introducción

Durante los últimos años, las redes mesh<sup>1</sup> han pasado de ser un concepto teórico de red a convertirse en dispositivos comercialmente disponibles que prometen crear redes distribuidas, capaces de crear links entre sí y mantenerlos autónomamente. El IEEE creó el grupo de trabajo 802.11s, que define cómo los dispositivos inalámbricos pueden interconectarse para crear una red mesh inalámbrica [1]. Esto tiene la intención de guiar a institutos de investigación y a la industria para desarrollar un estándar para redes mesh, con el objetivo de proveer interoperabilidad entre todos los dispositivos. Mientras el estándar 802.11 sigue bajo desarrollo, hay un número de protocolos de red que están actualmente disponibles.

De todas las aplicaciones de redes mesh, en este trabajo se destacan las redes mesh comunitarias no cableadas, o mesh WCNs (Mesh Wireless Community Networks), cuya topología está representada en la figura (1.1). Estas han sido desarrolladas como movimientos de entusiastas de redes no cableadas, quienes usando equipamiento de bajo costo para una interconexión gratuita, han creado redes completamente autónomas. Su aparición se debe principalmente a la búsqueda de estos grupos de lograr un servicio equivalente a los ofrecidos por redes 2.5G y 3G pero de manera gratuita[2].

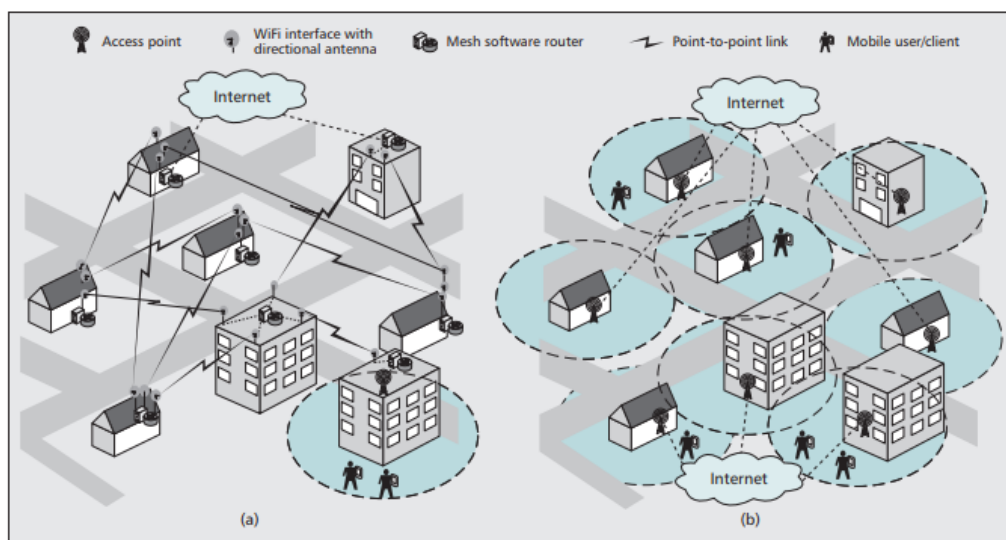


FIGURA 1.1: Topología de redes mesh WCNs. (falta cortar la foto por la mitad y traducirla al castellano)

<sup>1</sup>Una red mesh es una topología de red local en la que la infraestructura de nodos (routers, Access Points y otros dispositivos) se conectan directamente, dinámicamente y sin jerarquía a tantos otros nodos como sea posible cooperando entre todos para hacer ruteo de la forma más eficiente posible.

Las razones para participar en una red mesh son muy variadas. Aquellas personas que creen que la conectividad de banda ancha debería ser libre y gratuita y que las barreras impuestas por los oligopolios de los ISPs deben ser eliminadas usualmente son los primeros en unirse a WCNs. En el cuadro (1.1), se reportan algunas de las mesh WCNs más significativas a nivel mundial categorizadas según el año en que han sido diseñadas y la cantidad de nodos. Cabe destacar que todas ellas parten de una iniciativa comunitaria, es decir que son el resultado de esfuerzos colectivos de voluntarios individuales y funcionan sin fines de lucro.

CUADRO 1.1: Comunidades de redes mesh WCNs en todo el mundo.

Nombre de la Red	Ubicación	Año de Fundación	Cantidad de nodos
SeattleWireless	Seattle, WA, Estados Unidos	2000	80
AWMN	Athena, Grecia	2002	2473
CUWiN	Urbana, IL, Estados Unidos	2002	48
Berlin's Freifunk	Berlin, Alemania	2002	316
Wireless Leiden	Leiden, Países Bajos	2002	73
NetEquality Roofnet	Portland, OR, Estados Unidos	2007	126
NYCwireless	New York, Estados Unidos	2001	145

En el estudio de este fenómeno, se destacó la iniciativa de la empresa Althea, con la cual se desarrolló este trabajo en conjunto. Althea propone un modelo de negocios basado en el incentivized mesh <sup>2</sup>. Y aca explicar un poquito brevemente qué hace althea (basicamente copipastear la primera parte de su white paper sin entrar en detalles tecnicos de que tipos de nodos tienen, etc.).

En este parrafo explicar un poco la problematica y el hecho de que me di cuenta (hablar siempre en voz pasiva xq sino me agarra toc) que podría integrar las plataformas althea con libremesh (y explicar qué es libremesh usando el pie de página, no hace falta mas en esta instancia ya que lo explicare por completo en la seccion del marco teorico).

En este parrafo explicar brevemente (pero no tan breve como en el resumen) todo lo que hice en el trabajo y las cosas que quedan como propuesta para seguir trabajando en el futuro.

Y en este parrafo poner -en la seccion 1- se vera tal cosa. En el -capitulo 2- tal otra cosa y listo. Es una manera util de ocupar espacio (mas de la mitad de los papers que lei lo hacen asi que yo tambien lo hare).

<sup>2</sup>Explicar con palabras mas bonitas que el incentivized mesh es basicamente pagarle a la gente para que comparta un poquito de su ancho de banda.

## Capítulo 2

# Marco Teórico

Este capítulo está pensado para dar el *background* necesario para entender a las redes mesh y algunos algoritmos de ruteo específicos. Estos han sido partícipes de discusiones por parte de las entidades protagonistas de este proyecto. Además se incursiona en temas como criptografía y ..

Mencionar aca o en algun lado que esto es muy importante para entender por que libremesh usa los protocolos que usa y por que althea usa lo que usa, etc.

### 2.1. Definiciones Iniciales

#### 2.1.1. Redes Ad Hoc y Redes Mesh

En gran parte de la bibliografía consultada, se han utilizado los términos redes ad hoc y redes mesh de manera indistinta. Si bien esto no representa ningún error en esos casos, puede generar confusiones si no se conoce la diferencia entre ellos. Por eso es importante destacarla.

Una red Ad hoc implica el compromiso cooperativo de un conjunto de nodos wireless sin ningún tipo de intervención por parte de algún access point centralizado o de alguna infraestructura existente. Este tipo de red tiene características claves de ser auto-generativas y auto-curativas y no depender de ningún servicio centralizado de ningún nodo en particular. Una red Ad-hoc puede ser wireless, en cuyo caso sus dispositivos, tales como laptops o sensores, realizan una función de ruteo para enviarse datos creando una forma arbitraria de topología de red. Cuando todos los dispositivos son móviles, se habla de redes MANET<sup>1</sup>, que pueden cambiar de topología muy rápidamente y de forma impredecible. Redes de sensores no cableados son un buen ejemplo de redes MANET.

Una red wireless mesh se caracteriza por tener routers estáticos o cuasi-estáticos dedicados que tienen el trabajo de realizar la función de ruteo de paquetes a lo largo de la red. Además, están los dispositivos clientes, quienes no tienen funcionalidad de ruteo. Estos están conectados a los routers wireless.

Existen muchos protocolos de ruteo compatibles con estos tipos de redes. La gran mayoría de ellos parte de grupos académicos que buscan optimizar diferentes cuestiones como la velocidad de convergencia o la evitación de lazos de ruteo. A estos se les prestará una mayor atención en la sección (2.2). Además, el grupo de trabajo 802.11s de la IEEE define un estándar para las redes mesh en donde se define, entre otras cosas, el método de ruteo para este tipo de redes.

---

<sup>1</sup>MANET: Abreviación de Mobile Ad-Hoc Network.

## 2.2. Protocolos de Ruteo

Los protocolos para redes mesh se clasifican en tres categorías: *reactivos*, *proactivos* e *híbridos* [3]. Los protocolos reactivos solo buscan un camino entre nodos cuando hay datos para ser enviados. Este método tiene la ventaja de no gastar ancho de banda de la red con mensajes de control cuando la transmisión de datos no es requerida. Los protocolos reactivos idealmente se utilizan en redes Ad Hoc donde con los nodos móviles los caminos de datos podrían cambiar continuamente.

Por otro lado, los protocolos proactivos activamente establecen y mantienen caminos de datos para nodos tanto si los datos necesitan ser enviados o no. Esto permite una latencia menor a la hora de enviar datos a través de la red ya que el camino óptimo ya es conocido. De todas maneras, esto viene con un costo computacional mayor y con la necesidad de una administración de red mucho más compleja.

Los protocolos híbridos exhiben las propiedades de tanto los protocolos proactivos y reactivos. En general, intentan usar características proactivas o reactivas según el escenario, lo cual explota sus fortalezas y es por eso que pueden lograr un mayor nivel de escalabilidad. En general, son más complejos en comportamiento, lo cual hace que sean más complejos de implementar que los protocolos puramente proactivos o reactivos.

En (2.2.1) se explicará el algoritmo *Vector Distancia* que es la base de varios protocolos de ruteo muy conocidos como RIP y OLSR. Se pondrá en discusión la característica principal y la problemática de este último en (2.2.2). Luego se detallarán protocolos más eficientes para redes mesh en las secciones (2.2.3), (2.2.4) y (2.2.5). Finalmente, en (2.2.6) se compararán todos los protocolos previamente descritos.

### 2.2.1. Algoritmo Vector-Distancia

El algoritmo *Vector Distancia* se trata de uno de los más importantes junto con el *estado de enlace*<sup>2</sup>. Se basa en el algoritmo de Bellman-Ford para calcular las rutas. Requiere que un router informe a sus vecinos de los cambios en la topología periódicamente y en algunos casos cuando se detecta un cambio en la topología de la red.

Se basa en calcular la dirección y la distancia hasta cualquier enlace en la red. El costo de alcanzar un destino se lleva a cabo usando cálculos matemáticos como la métrica del camino. Una de las métricas más utilizadas es el número de *hops*<sup>3</sup>.

Los cambios son detectados periódicamente ya que la tabla de enrutamiento de cada router se envía a todos los vecinos que usan el mismo protocolo. Una vez que el router tiene toda la información, actualiza su tabla e informa a sus vecinos de los mismos. Este proceso se conoce también como *enrutamiento por rumor* ya que los nodos utilizan la información de sus vecinos y no pueden comprobar a ciencia cierta si ésta es verdadera o no.

El algoritmo de Bellman-Ford se adapta perfectamente al modo de aprendizaje de los nodos que “nacen”, es decir, cuando se conectan a la red. A medida que el algoritmo progresa, el nuevo nodo va adquiriendo más información sobre el resto de nodos de la red. Este algoritmo converge rápidamente cuando se conectan nuevos nodos. Por ello se suele decir que las buenas noticias viajan rápido por la red.

Un problema del que padece este algoritmo es el de la transmisión de malas noticias por la red tales como la ruptura de un enlace o la desaparición de un nodo. Este

---

<sup>2</sup>El estado de enlace es .....

<sup>3</sup>En una red, se le dice *hop* a una porción de camino entre una fuente y su destino. La cuenta de *hops* se refiere al número de dispositivos intermediarios a través de los cuales deben pasar los datos.

algoritmo converge lentamente en estos casos. Aunque el principal inconveniente de este algoritmo es el de la cuenta a infinito. Para ilustrarlo, se puede tomar como ejemplo el de la figura (2.1).

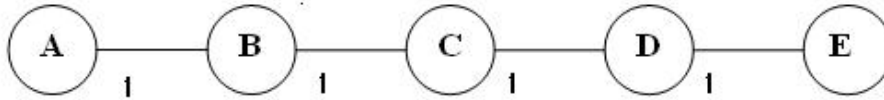


FIGURA 2.1: Topología de red para ejemplificar la limitación del protocolo vector distancia.

- Inicialmente A está desactivado. Cuando A se activa, B se entera de que A existe al recibir su vector distancia y actualizar su tabla indicando que A dista 1.
- El nodo C se entera de que A existe porque B le indica que tiene un enlace hacia A de coste 1. Entonces C actualiza su tabla registrando una trayectoria hacia A de coste 2.
- Si el nodo A se desconecta entonces B no recibe el VD de A. Sin embargo el nodo C le dice que tiene una trayectoria hasta A de distancia 2. B no sabe que la trayectoria de C a A pasa por el mismo y por tanto cree que puede llegar a A a través de C por lo que actualiza su tabla registrando la distancia  $2 + 1 = 3$  hasta A.
- En el siguiente intercambio, el nodo C comprueba que sus vecinos B y D tienen una trayectoria hasta A de distancia 3. C calcula su propia distancia hasta A en  $3 + 1 = 4$ . En los siguientes intercambios, los nodos elevan ilimitadamente su distancia a A (cuenta a infinito).

Mientras no se interrumpa la cuenta a infinito, el algoritmo no converge. Aunque se han propuesto diversas soluciones a este problema. El protocolo RIP establece el siguiente criterio:

$$\infty = 16.$$

Es decir, cuando la cantidad de incrementos de distancia supera los 15 en un período de tiempo relativamente corto, RIP considera que se está en un loop infinito y corta las iteraciones. El protocolo OLSR utiliza un acercamiento más eficiente, como se verá en (2.2.2).

### 2.2.2. Protocolo OLSR

El protocolo de ruteo Optimized Link State Routing (o OLSR) emplea el algoritmo de *vector distancia* pero tiene muchos menos conteos a infinitos que el protocolo RIP. Para mantener informados a los nodos de la red de los cambios topológicos de la misma, utiliza el mecanismo Multi-Point Relay (o MPR) para hacer flooding

<sup>4</sup>. A diferencia del flooding convencional, el método MPR evita que todos los nodos vecinos retransmitan los paquetes. Todos los nodos de la red seleccionan entre sus vecinos un conjunto de retransmisores (o *multi point relays*) encargados de retransmitir los mensajes que envía el nodo inicial. Los demás vecinos del nodo no pueden retransmitir, lo cual reduce significativamente el tráfico generado respecto al flooding tradicional.

Hay varios criterios para elegir los MPRs de un nodo. En general, se considera que el conjunto de MPRs de un nodo debe verificar que son capaces de alcanzar a todos los vecinos situados a 2 *hops* del nodo que los define como MPR.

EL protocolo OLSR es un protocolo muy usado pero como fue desarrollado en los inicios del 2000 no está pensado para rutear información en redes mesh. De hecho, hay múltiples fuentes que demuestran que OLSR sufre de muchos conteos a infinito en redes mesh [4] y que su performance con respecto a otros protocolos de ruteo como los que se presentarán en (2.2.3), (2.2.4) y (2.2.5) es mucho menor [3].

### 2.2.3. Protocolo BatMan

Mencionar la existencia de BMX7 y diferenciarlo de batman base

### 2.2.4. Protocolo Babel

### 2.2.5. Protocolo SSR

### 2.2.6. Comparaciones

Aca podría copi-pastear el cuadro que uso el flaco de althea para su presentación. El problema es que en ese cuadro hay 2 protocolos que no estudie. SSR porque no lo entendí y CJS... porque no estaba en ningún paper recomendado. Hay que achicar la tabla.

Aca también nombrar en algún momento que se puede demostrar que hay muchas brechas de seguridad (y nombrar el paper que dijo eso) y que para llegar a tener un protocolo seguro habría que definir y estandarizar un conjunto de criterios de protocolo seguro (y citar el paper que dijo eso). Pero que no se le va a dar mucha importancia en este trabajo porque para redes que no sean militares o de información fiscal no hace falta (citar al paper que dijo eso último también) y yo voy a usar redes caseras.

## 2.3. Criptografía

### 2.3.1. Hashing

---

<sup>4</sup>Se le dice *flooding* a la acción de enviar un paquete de actualización de métricas a *todos* los nodos de la red. Cuando un nodo desea hacer *flooding* primero le envía el paquete deseado a todos sus nodos vecinos. Luego, estos retransmiten el mensaje hasta que éste llegue a todos los nodos de la red.

## Capítulo 3

# Aplicaciones Reales de Redes Mesh

### 3.1. LibreMesh

### 3.2. Althea

### 3.3. Ammbr

Ammbr es como althea pero pinta mas a largo plazo, por ahi estaria bueno mencionar algo. y luego en el siguiente capitulo mencionar por que se decidio trabajar con althea en vez de ammbrr. La razon es que althea esta mas avanzado y sería mas "directa" la integracion.





## Capítulo 4

# Trabajo Realizado

Esto probablemente tendrá muchas secciones y subsecciones que ire agregando conforme vaya haciendo cosas. Por lo pronto lo unico que tengo para poner aca es que hice una red de 4 ruters con libremesh y anda. Ponerle algunas screenshots y una foto pochoclera como la de la figura (4.1).



FIGURA 4.1: *Topología de primer red mesh realizada.*



## Capítulo 5

# Conclusiones



## Apéndice A

# Preguntas Frecuentes

### A.1. Qué hace a un protocolo de ruteo mejor que otro?

blablabla... esto no se si va. Lo deje porque me gusto como se veia en el template.  
Pero probablemente el apendice vuele al carajo.



# Bibliografía

- [1] IEEE. «IEEE 802.11s». En: *IEEE Standards Association* (sep. de 2011). URL: [https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11s](https://es.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11s).
- [2] Pantelis A. Frangoudis y George C. Polyzos. «Wireless Community Networks: An Alternative Approach for Nomadic Broadband Network Access». En: *IEEE* (mayo de 2011). URL: <https://www.cs.columbia.edu/~vpk/papers/wcn.commag11.pdf>.
- [3] J. C.-P. Wang M. Abolhasan B. Hagelstein. «Real-World Performance of Current Proactive Multi-hop Mesh Protocols». En: *IEEE APCC* (oct. de 2009).
- [4] Corinna Aichele David Johnson Ntsibane Ntlatlapa. «A simple pragmatic approach to mesh routing using BATMAN». En: *2nd IFIP International Symposium on Wireless Communications and Information Technology in Developing Countries* (oct. de 2008).