



UNIVERSIDAD TECNICA  
FEDERICO SANTA MARIA

# Mesh Networking

ELO-322  
Redes de computadores I  
---  
Lilian Rosales  
Mayumi Kato  
Juan Carlos Céspedes

28 de Julio de 2014

---

---

### Resumen:

Cada vez se busca avanzar más en los diversos sistemas de comunicación que se han ido desarrollando con el paso del tiempo. Uno de los sistemas más recientes, y que han desarrollado un sin fin de métodos para su eficacia, son las redes *Mesh*. La investigación emprendida en este tema explica, a grandes rasgos, en qué consiste, su funcionamiento y los mecanismos implementados para establecer el recibimiento y envío de datos, dando ejemplos algunos diagramas de ruteos y dos protocolos, en el cuál *batman* nos entrega una interesante propuesta, detallaremos su funcionamiento de manera simple. Nos encontramos con los usos más significativos de las redes *Mesh*, donde se pone a prueba la factibilidad de una aplicación orientada a estas redes y concluimos con una mirada al futuro de *mesh*.

### Introducción:

La información juega un rol vital en todo lo que nos rodea y no somos ajenos a ella. Desde tiempos inmemoriales la humanidad ha mejorado sus sistemas de comunicación y codificación, innovando y jugando con estos métodos. Este documento trata sobre una de estas innovaciones en los métodos de comunicación digitales, rompiendo algunos estándares establecidos para llegar a un nuevo paradigma de conexión, las redes *Mesh*.

Veremos las características y topología de este tipo de redes, analizaremos “*B.A.T.M.A.N.*”, exploraremos algunas aplicaciones y cerraremos con el proyecto “*Serval*”.

### Motivación:

Esta investigación fue motivada por el deseo de estudiar redes de computadores alternativas a la forma en que se estructura la mayor parte de las actuales. Durante el curso de ELO-322 redes de computadores, estudiamos la arquitectura y protocolos implementados, sin embargo, las redes no terminan en esto, el desarrollo es constante y fértil, en diversas áreas, para distintos usos y con diversas orientaciones. Nos hicimos la pregunta, ¿Qué hay de nuevo? Es lo que intentaremos responder, al menos una parte en nuestra investigación. Una de las ramas emergentes de las redes de computadores.

## ¿Qué es Mesh?

Una red mesh es aquella en la cual los dispositivos se comunican entre pares (punto a punto) que no requiere de un proveedor para su funcionamiento. Esto obliga a recordar las redes P2P, teniendo esa idea como fundamento. En mesh, cada dispositivo terminal, par, toma roles de servidor/cliente/router generando una “malla” en la que todos participan y expande su cobertura a medida que más pares se conectan, su topología es distribuida. Es la personalidad de router que puede ejecutar cada dispositivo, es decir, la capacidad de propagar señal, lo que permite la expansión de la red, creando un nodo en cada par conectado.

### ★ Base

El hardware, en general, no se encuentra atado a un software, pese a que comunica sus instrucciones; es en esta área en la que accionan los protocolos Mesh, no creando una nueva plataforma de comunicación, sino que proponiendo nuevos protocolos. Con la triple personalidad de cada nodo, es posible eliminar al intermediario, al menos en las comunicaciones locales. Con ese paso, la infraestructura mesh se libera de los intereses económicos que conlleva una organización intermediaria, y la estabilidad de la red pasa a manos de la comunidad interesada.

### ★ Funcionamiento

Antes de continuar con detalles, es necesario plantearnos el escenario en el que operamos. Sería ideal contar con dispositivos tope de gama, con memoria ilimitada, procesador última generación y conectividad total, pero sería una utopía sin sentido. Para que la red mesh tenga éxito debe adaptarse a la realidad, y a las necesidades del usuario. Consideremos en qué caso resulta necesaria. Puede ser cableada o wireless, pero es en esta última cuando gana mayor utilidad, aunque presentando complejidades mayores.

Los dispositivos terminales cuentan cada vez con mejores prestaciones, pero la diferencia entre el tope y el mínimo es grande, y en un afán de llegar al mayor número posible, la red mesh necesita trabajar con el mínimo de recursos. Para esto vamos a considerar un teléfono inteligente básico, lo cuales normalmente tienen especificaciones ajustadas para dar un precio bajo.

## Topología de Red Mesh

Las Redes Mesh no están catalogadas como topología híbrida. Es común encontrar topologías así, las cuales, en el caso de Mesh Networking, incorporan topología de infraestructura y topología ad-hoc.

La topología ad-hoc nos brinda la conectividad entre los mismos sistemas terminales, dándonos total independencia de routers o switches, lo cual no implica que no se puedan utilizar como puntos de acercamiento. Este concepto aplicado a las redes móviles recibe el nombre de MANET.

La topología de infraestructura tiene un elemento de coordinación, el cual es un punto de acceso o estación base de la red. Para conectarse, cada cliente debe configurarse con el mismo SSID, que es un identificador con el nombre de la red a la que pertenece. Aquí se encuentran la topología estrella, punto a punto, repetidores, malla, entre otras.

Se presentan diversas situaciones en donde cada topología aporta con sus propias características para la resolución de problemas<sup>1</sup>.

## Algunos Protocolos

Los protocolos a mencionar utilizan el mecanismo de flooding, el cual consiste en mandar un mensaje en muchas direcciones para poder descubrir su entorno y desde aquí operar como establece cada protocolo.

Existen cerca de 60 esquemas con diversos protocolos<sup>2</sup>, ya que ha surgido mucho interés en este tema y diversas formas de desarrollarlo, pero en este trabajo daremos a mencionar sólo 2; *OLSR*, potencialmente empleado en Europa, y *BATMAN*, que está en desarrollo.

### ★ OLSR

Optimized Link State Routing<sup>3</sup>, protocolo ya estandarizado proactivo encargado de establecer conexiones entre los nodos de redes MANET.

Un protocolo proactivo esta siempre en constante ruteo de quienes forman parte de su red a través de mensajes con los cuales se crean tablas de ruteo actualizadas cada cierto tiempo.

---

<sup>1</sup> Ver Anexo: Diagramas de Ruteo.

<sup>2</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Red\\_inal%C3%A1mbrica\\_mallada](http://es.wikipedia.org/wiki/Red_inal%C3%A1mbrica_mallada)

<sup>3</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Optimized\\_Link\\_State\\_Routing](http://es.wikipedia.org/wiki/Optimized_Link_State_Routing)

Un problema de mantener estas tablas de ruteo es que agrega carga a la red debido al continuo envío de mensajes de control.

### [B.A.T.M.A.N.<sup>4</sup>](#)

*Better approach to mobile Ad-hoc Network* es un protocolo de ruteo en desarrollo, nacida en Alemania en el año 2006, bajo el alero de la comunidad *Freifunk*, como reemplazo de OLSR. *BATMAN* nace con una idea clara, soportar una red mesh descentralizada, dinámica, colectiva y capaz de soportar dispositivos terminales de diversas capacidades. Es por esto, que *BATMAN* se plantea necesariamente como un protocolo pequeño, rápido y “*simple*”.

Comienza como un *daemon* (*batmand*) que opera en el entorno usuario, trabajando los paquetes en la capa 3, enmascarandolos en UDP, su función principal fue probar la red, es decir, enviar y recibir *OGM's* (*originator messages*) para detectar los nodos en la red.

Sin embargo, no satisfacía el ideal, una interfaz limpia que disminuya al mínimo el procesamiento requerido del paquete y premie la eficiencia. El problema crucial en lo planteado esta ligado con la capa en la cual se trabaja. La capa de red fue fácil de alcanzar desde el *espacio de usuario*, pero implica subir el *frame ethernet* y procesar nuevamente la información del *datagrama*. Implicando que el *daemon* deba desempaquetar la información y entregarla y, a la vez, recibir información y enmascararla como UDP. El proceso es engorroso. También, los nodos deben ser capaces de obtener o generar una dirección IP válida que no colisione. Las posibilidades que ofrece esta capa son limitadas.

La solución fue cambiar el desarrollo del proyecto, cambiando la acción de *batman* a la *capa de enlace* (2), conllevando un cambio de *entorno*, desde el *usuario* al *kernel*.

### Capa 2:

*batmand* evoluciona a *batman-adv*, y con esto la programación comienza de cero. Los algoritmos desarrollados son adaptados al nuevo paradigma, *programación de kernel*. *BATMAN* consigue sus alas.

Con el cambio a capa 2 se solucionan los problemas existentes en la capa tres. No se necesita de una dirección IP, ya que la identificación es por MAC, se evita sobreprocesar; el datagrama, que leía *batmand*, se cambia por un *frame* que se evalúa apenas llega, y sólo si corresponde se lleva a las capas superiores. Una consecuencia curiosa de esto, actuar como un gran switch distribuido, es que al ejecutar acciones como *ping* se verá un único salto en la red, mismo caso con *tracert*.

---

<sup>4</sup> Basado en la charla *Wireless kernel tweaking* por Marek y Simon Wunderlich. Berlín, Alemania. 28 de Diciembre de 2007. (24<sup>th</sup> Chaos Communication Congress )  
Disponible en: [http://downloads.open-mesh.org/batman/misc/24C3-Wireless\\_Kernel\\_Tweaking.mkv](http://downloads.open-mesh.org/batman/misc/24C3-Wireless_Kernel_Tweaking.mkv) (video)

B.A.T.M.A.N. protocol concept. Official wiki. ([link](#))

Página oficial del proyecto *B.A.T.M.A.N.* : [open-mesh.org](http://open-mesh.org)

Se crea una interfaz transparente para las aplicaciones, un punto muy importante en el desarrollo, *batman-adv* es capaz de generar una interfaz virtual, *bat0*, a la cual se comunican las aplicaciones, luego *batman* decide por qué interfaz real saldrán los *frames*; permitiendo la acción de distintos protocolos y aplicaciones en las capas superiores, evitando interferir con el normal funcionamiento.

Al estar desarrollada en el kernel Linux, y estar oficialmente incluido, todos los sistemas que lleven el núcleo serán capaces de montar el sistema de *batman*. Pero no se limita sólo a estos, el proyecto quiere comunicar a todos los dispositivos y se pueden generar portaciones del protocolo a otras plataformas. *Batman-adv* incluye la opción de crear puentes para dispositivos que no son parte de la red *mesh*<sup>5</sup>.

*Batman* se continuó desarrollando como un protocolo ligero. Por esta razón, generar un algoritmo de estado de enlace que conozca a cabalidad la topología de la red significa pérdida de recursos y sobreexigencias al nodo. Se optó por mantener la información de la red *distribuida* en esta, así, cada nodo sólo conoce a sus vecinos y decide según esto, los *OGM's* juegan un rol fundamental en esto, permitiendo evaluar los enlaces y conocer a vecinos y otros nodos en la red.

## Aplicaciones

### ★ [CEIBAL](#)

Las siglas provienen de Conectividad Educativa de Informática Básica para el Aprendizaje en Línea que es un proyecto socioeducativo de Uruguay<sup>6</sup> que permite que niños de escasos recursos tengan acceso a computadoras portátiles de bajo costo con conexión inalámbrica tanto dentro como fuera de la sala de clases. Esto forma centros educativos que fueron abastecidos con redes Wi-Fi Mac, que son capaces de permitir sólo la conexión de equipos que estén registradas sus direcciones Mac en el router, lo que se denomina lista negra; y que está pensada solo para equipos OLPC<sup>7</sup>.

### ★ [Redes Comunitarias](#)

Muchas ciudades de Europa cuentan con Redes Mesh, por ejemplo Portugal, Alemania, Austria, Serbia, Inglaterra y España<sup>8</sup>.

Sus usos son variados, desde movilidad y servicios de tráfico, comunicaciones, informática o seguridad ciudadana y casos de emergencia causados por la naturaleza.

---

<sup>5</sup>Ver "Roaming-Improvements". Official Wiki. ([link](#))

<sup>6</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Plan\\_Ceibal](http://es.wikipedia.org/wiki/Plan_Ceibal)

<sup>7</sup> Ver Anexo: CEIBAL.

<sup>8</sup>

[http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/13\\_Redex-Mesh/13\\_es\\_redes\\_mesh\\_presentacion\\_v01.pdf](http://www.it46.se/courses/wireless/materials/es/13_Redex-Mesh/13_es_redes_mesh_presentacion_v01.pdf)

## ★ Serval

Serval Project se presenta como una solución de comunicación para situaciones de emergencia donde las redes móviles han dejado de funcionar (desastres naturales) o no han funcionado nunca (zonas sin cobertura donde se instala un campo de refugiados, por ejemplo).

Es una aplicación Android gratuita y open source que provee una red mallada de alta seguridad<sup>9</sup>. Es un porte de *batman* a android, considerando que este último también está basado en linux, es un paso esperado por la comunidad

Serval Mesh permite a las personas hacer llamadas de voz, enviar mensajes de texto y compartir archivos con otros usuarios de Serval de forma segura, gratuita y sin tener que depender de servicios pagados del proveedor. Es segura debido a que toda la información enviada es cifrada de extremo a extremo utilizando criptografía fuerte de curva elíptica (ECC) de 256 bits.<sup>10</sup>

Mientras más teléfonos la tengan instalada (nodos intermediarios) más son las posibilidades de que todos puedan contactarse entre sí sin tener que depender de un proveedor y si el número de teléfonos se incrementa entonces el radio de alcance de la red mesh se multiplica también.

Eventualmente si el uso se hace masivo y los nodos se distribuyen por todo el país entonces no se necesitaría de proveedor de servicios, incluso el alcance de esta red sería mayor pues puede llegar a lugares remotos donde no pueden llegar las torres de comunicación, pero de momento esta aplicación está limitada por las desventajas de las redes Mesh.

---

<sup>9</sup> <http://developer.servalproject.org/dokuwiki/doku.php>

<sup>10</sup> <http://www.servalproject.org/>

## Conclusión

Desde la investigación hecha y los conocimientos adquiridos en el transcurso de este, se concluyen ventajas y desventajas de este tipo de red.

### ★ Ventajas

Las Redes Mesh evitan fallos en la red, ya que gracias a su topología cualquier interrupción entre los nodos resulta acabar con una nueva ruta para realizar la entrega del mensaje, de la manera en que esto ocurra está encargado cada protocolo según su diseño.

En el caso de una Red Mesh inalámbrica los costos de formar la red y mantenerla resultan mínimos, pues no hay que efectuar trabajos de cableado para lograr la conectividad entre los nodos.

### ★ Desventajas

Muchas de las desventajas y problemas que presenta esta red tienen que ver con las distancias entre los nodos y de cuántos de ellos se conforma la red, pues añade retardos y poca escalabilidad, dificultando más aún la labor de enviar y recibir paquetes ya que los saltos entre los nodos van reduciendo el rendimiento.

A demás de esto, para Redes Mesh inalámbricas surge el inconveniente de que algunas frecuencias pueden interferir en los enlaces, produciendo retrasos e incluso pérdidas de paquetes.

Estos tiempos de retardo varían según la aplicación que se le dé a la Red Mesh y cuán eficaz es el protocolo utilizado para mejorarse de fallos y encontrar las mejores rutas.

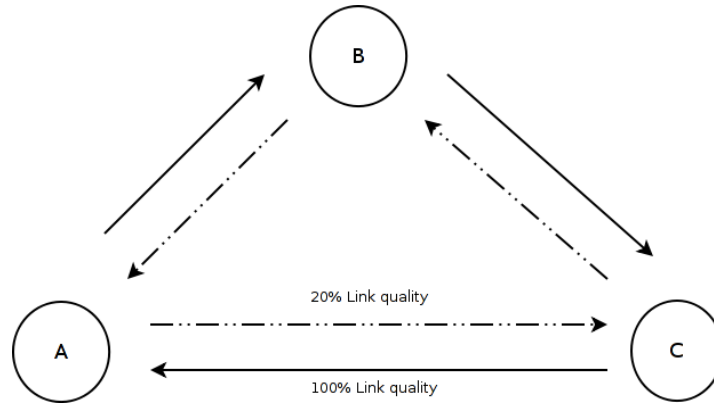
Con los puntos vistos anteriormente surgen oportunidades de mejoramiento e implementación de estas redes para todos aquellos interesados en continuar con la labor de informar y participar de un nuevo paradigma en las comunicaciones.



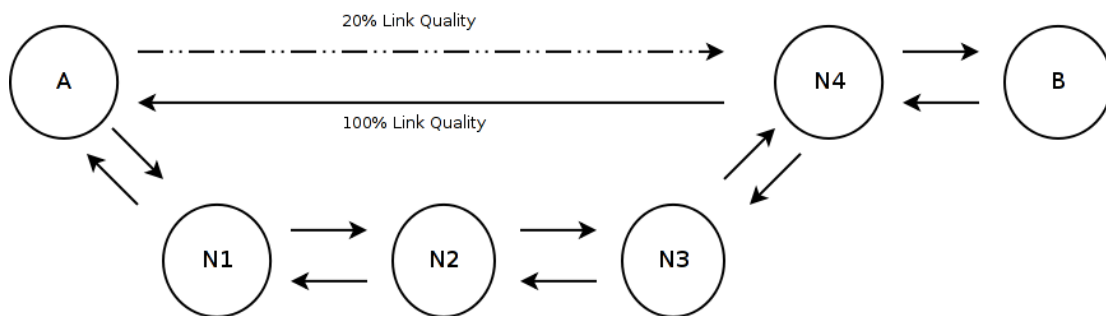
## Anexos

- Diagramas de Ruteo<sup>11</sup>

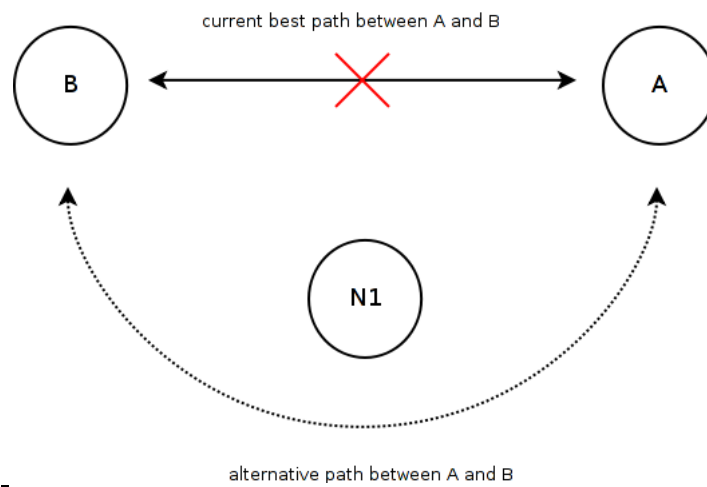
### 1. Estado de enlace



### 2. Ruta asimétrica

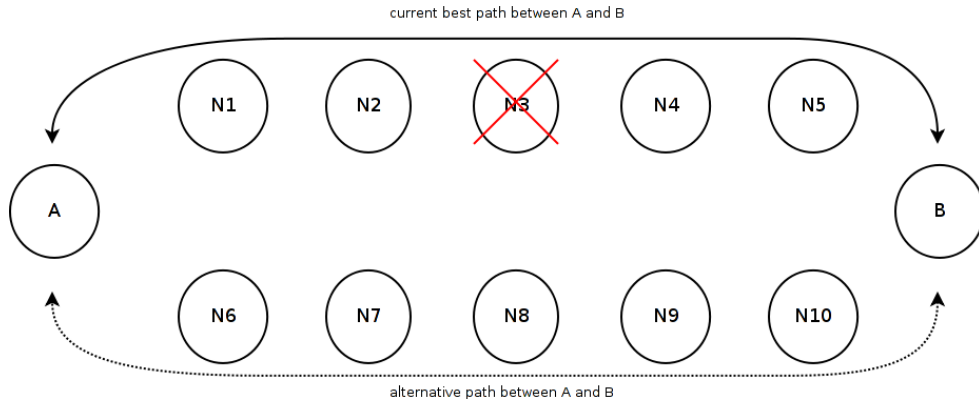


### 3. Triángulo

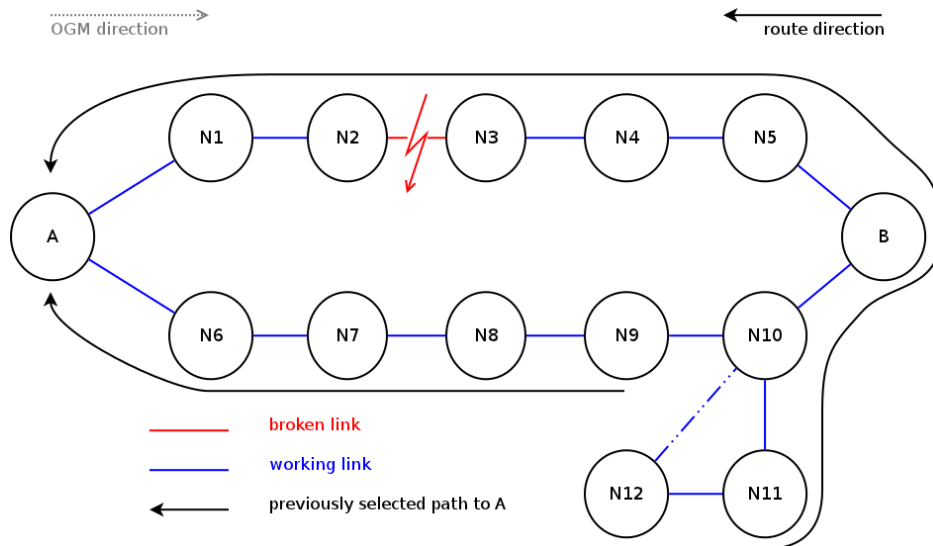


<sup>11</sup> [http://www.open-mesh.org/projects/open-mesh/wiki/Routing\\_scenarios](http://www.open-mesh.org/projects/open-mesh/wiki/Routing_scenarios)

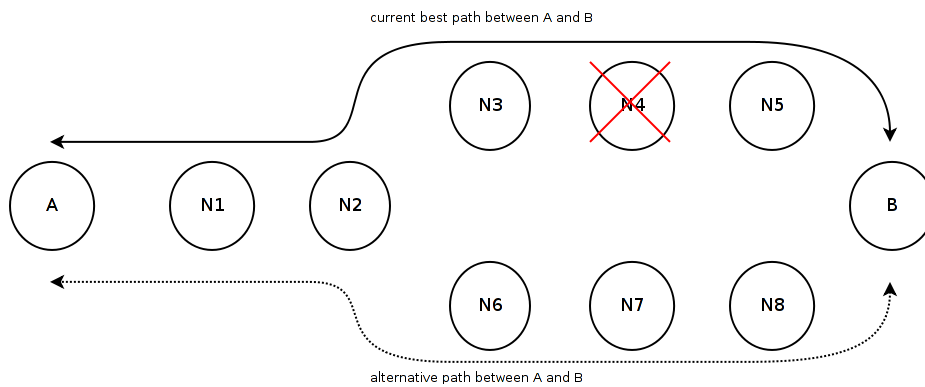
4. Círculo 1



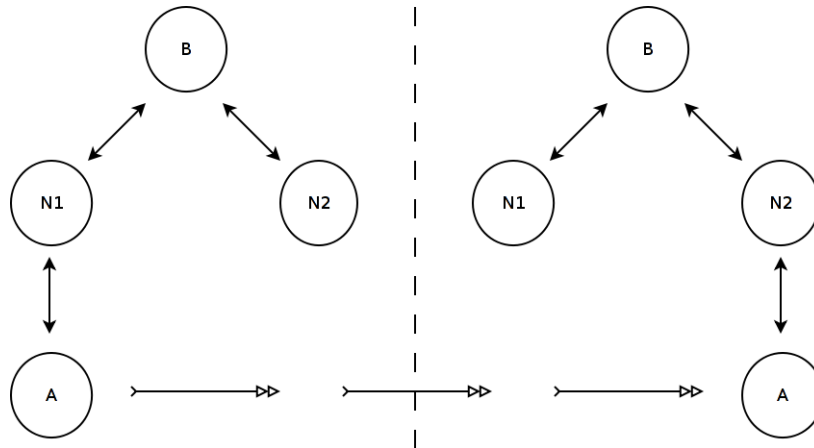
5. Círculo 2



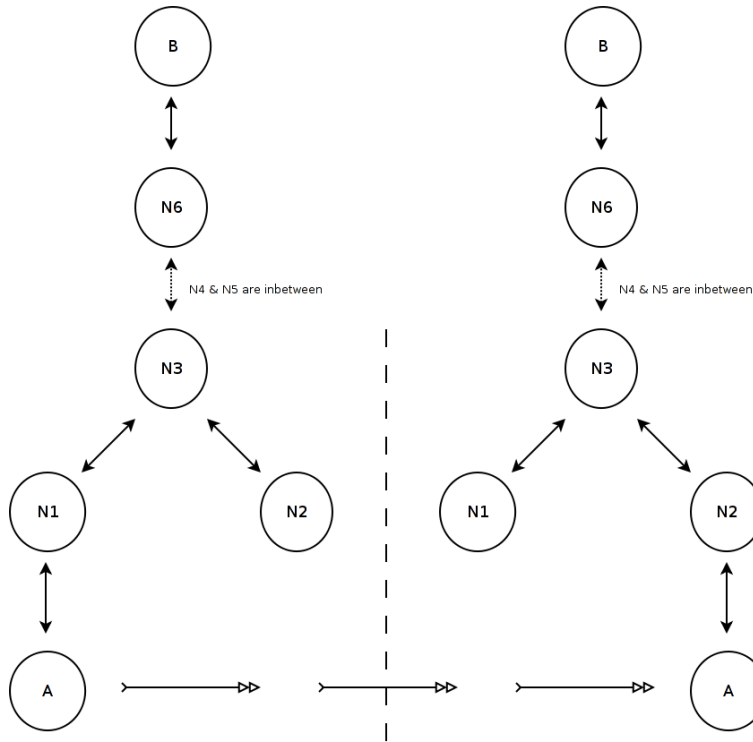
6. Botella



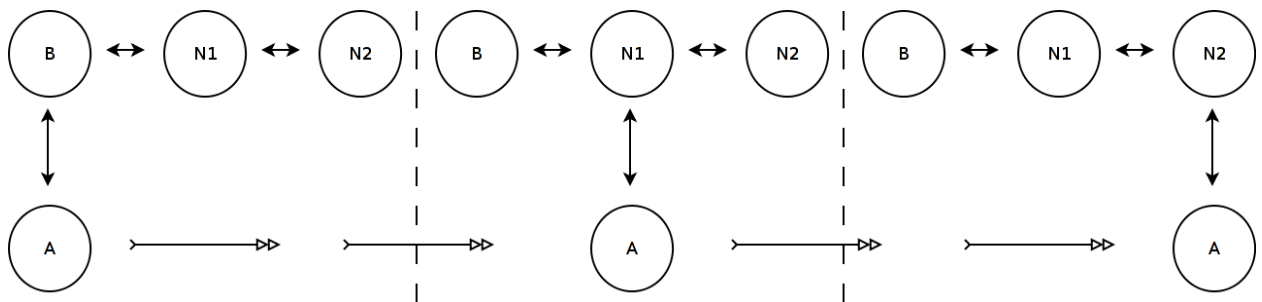
7. Nuevo vecino



8. Vecino distante



9. Nodo Móvil

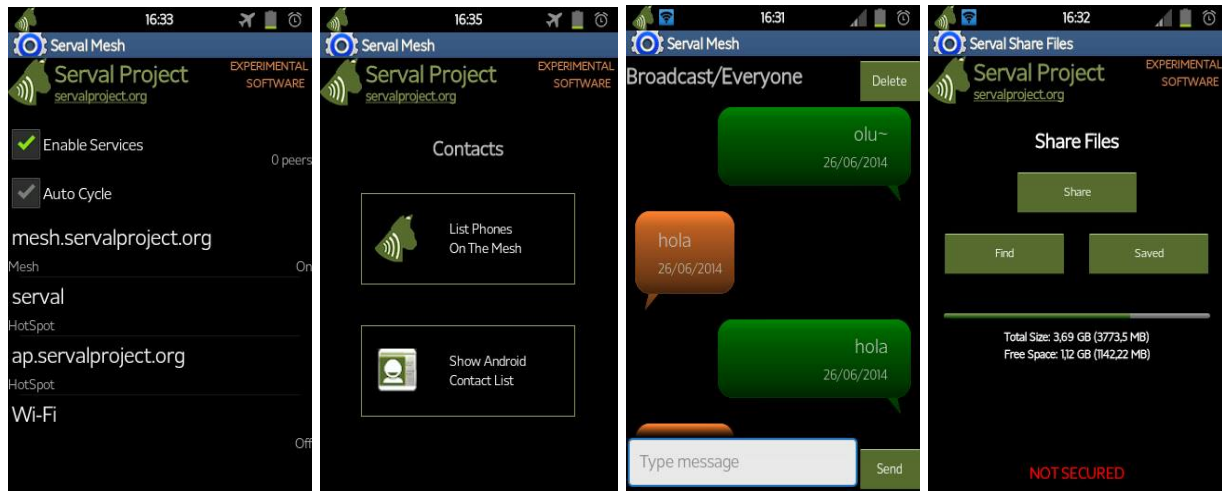


- CEIBAL



Se puede observar el computador OLPC en interacción con la profesora y los alumnos beneficiados, equipos especiales y diseñados para un manejo simple y fácil para los niños.

- Serval Mesh



Capturas de un smartphone con la aplicación *Serval Mesh*, con el cuál pudimos constatar el real funcionamiento de la red formada por los otros 2 dispositivos con las mismas características, que tenían a su vez la aplicación; y comprobar que se establece una comunicación sin la necesidad de utilizar la señal Wi-Fi de la universidad, ya que las pruebas se realizaron cercanas a las instalaciones de la cancha.