



**CONGRESO
IBEROAMERICANO**
DE CIENCIA, TECNOLOGÍA,
INNOVACIÓN Y EDUCACIÓN

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

**CONGRESSO
IBERO-AMERICANO**
DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÃO E EDUCAÇÃO

BUENOS AIRES, ARGENTINA
12, 13 Y 14 DE NOVIEMBRE 2014

Formulación de una Metodología para Diseñar e Implementar redes MESH como alternativa de solución para redes comunitarias o rurales; Proyecto de Apoyo; Construcción de un esquema tecnológico para Protocolos de enrutamiento en redes MESH.

BLANCO, F; RUIZ, DIANA.

Formulación de una Metodología para Diseñar e Implementar redes MESH como alternativa de solución para redes comunitarias o rurales; Proyecto de Apoyo; Construcción de un esquema tecnológico para Protocolos de enrutamiento en redes MESH;

Fabián Blanco Garrido

Universidad Libre

fab_blan@hotmail.com

Diana Milena Ruiz Parra

Universidad Libre

Yinyel1902@hotmail.co

Resumen

Las tendencias de las redes de computadores van hacia un futuro inalámbrico, debido a que hoy en día la mayoría de las actividades que se realizan en el mundo laboral, comunitario y personal requieren de movilidad y adicionalmente día a día se necesita la información al instante, lo cual está proyectando que la tecnología debe direccionarse a contribuir a estas tecnologías, siendo una de las alternativas de solución las redes inalámbricas para el acceso a los servicios por parte de los usuarios, es ahí donde entra las redes MESH para la utilización de las redes inalámbricas en la frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz.

La tecnología requerida para implementar sofisticadas y complejas redes de comunicación, requiere de continuos cambios e innovaciones tecnológicas cada vez más desarrolladas; el salto de las redes cableadas a las redes inalámbricas de área local constituye un factor de estudio para posibilitar el mejor desempeño de las comunicaciones en las actividades laborales y de entretenimiento. Producto de esta necesidad, se ha propiciado el surgimiento de una nueva tecnología que enmarca las Redes Inalámbricas tipo Malla WMN (Wireless Mesh Network)¹, que en la actualidad, se están implantando en regiones urbanas, rurales y en campus universitarios con gran flujo de utilización por parte de las comunidades.

Palabras claves: Redes mesh, redes inalámbricas, Protocolos de enrutamiento de redes mesh, componentes de una red Mesh.

Abstract



¹ WMN es una red de comunicaciones compuesta de radio nodos organizados en una malla inalámbrica a menudo consisten en clientes de malla, que son a menudo los computadores portátiles, teléfonos celulares y otros dispositivos inalámbricos, malla de routers y gateways. Los routers de malla reenvían tráfico hacia y desde los gateways que pueden, pero no necesitan, conectarse a Internet. Redes de malla inalámbricas se pueden implementar con varias tecnologías inalámbricas incluidas 802.11, 802.15, 802.16, tecnologías celulares o combinaciones de más de un tipo

Trends in computer networks go towards a wireless future, because today the majority of the activities carried out in the workplace, community and staff require further mobility and daily instant information is needed, which is projecting that technology should be addressed to contribute to these technologies, one of the alternative solution wireless networks for access to services by users, that's where mesh networks for network use goes wireless frequency of 2.4 GHz and 5 GHz. The technology required to implement sophisticated and complex communication networks requires continuous change and increasingly developed technological innovations; the leap from wired networks to wireless local area networks is a factor of study to enable better communications performance in work and leisure activities. Product of this need has led to the emergence of a new technology that frames the type Mesh Wireless Networks WMN (Wireless Mesh Network), which currently is being implemented in urban and rural areas and on university campuses with high flow use by the communities.

Keywords: Mesh networks, wireless networks, rural networks, Routing Protocols mesh networks, mesh networks components.

Introducción

Las tendencias de las redes de computadores van hacia un futuro inalámbrico , debido a que hoy en día la mayorías de las actividades que se realizan en el mundo laboral, comunitario y personal requieren de movilidad y adicionalmente día a día se necesita la información al instante, lo cual está proyectando que la tecnología debe direccionarse a contribuir a estas tecnologías, siendo una de la alternativa de solución las redes inalámbricas para el acceso a los servicios por parte de los usuarios, es ahí donde entra las redes MESH para la utilización de las redes Inalámbricas en la frecuencia de 2.4 GHz y 5 GHz.

En la actualidad existen falencias en la operación de los dispositivos WIFI, que inciden de manera negativa en la realización de las actividades a cumplir por las diferentes comunidades, producto de su equivocada distribución o de su pésima señalización logística, adicionalmente se tiene deficiencia de la prestación de los servicios de las redes de computadores, debido a los altos costos y a los inconvenientes de conectividad en los sectores comunitarios y rurales del país.

De ahí la importancia de aprovechar las características de las redes MESH, ya que se requieren de otra alternativa para realizar interconectividad de las comunidades y de las áreas rurales del país, independiente de algún interés económico por parte de los diferentes actores, siendo esta una alternativa para la configuración de redes con topología en malla, originando una metodología para diseñar e implementar una red MESH la cual ayude a reducir esa brecha tecnológica entre las comunidades y las TIC's, diferente a los ya establecidos por los proveedores de INTERNET y que en un momento dado puedan ser un apoyo a este servicio.

Debido a la geografía del terreno colombiano y al bajo poder de adquisición que tienen las comunidades en las diferentes ciudades y zonas rurales de Colombia, por lo anterior no tienen acceso a las Tecnologías de Información y las Comunicaciones que ofrecen los avances de las tecnologías, y a pesar que existes alternativas para lograr estos acceso son muy costosas para la implementación de las redes wifi para estas comunidades, es por ello que se hace necesario realizar esta propuesta, con el cual se busca establecer una metodología para diseñar e implementar una red MESH la cual ayude a reducir esa brecha tecnológica entre las comunidades y las TIC's. Por ello y buscando apoyar este proyecto, se requiere de la construcción de un esquema tecnológico para Protocolos de enrutamiento en redes MESH, el cual servirá de base para el diseño e implementación de redes en malla.

Antecedentes, Las redes WiFi

Actualmente, en alto porcentaje las redes de comunicación se encuentran interconectadas a través del cable, sin embargo, cada vez más se da la transición de este tipo de redes a la tecnología inalámbrica y más discretamente hacia la tecnología mixta (cable/inalámbrica).

Por lo anterior, se propicia un crecimiento masivo de las redes inalámbricas de área local, y aún más las Redes Inalámbricas tipo mesh (WMN, Wireless Mesh Network), para llegar a todos los sitios donde el hombre necesita de una comunicación cada vez más ágil y eficiente. En este artículo se citarán las características principales, escenarios de aplicación y los equipos requeridos por las redes WMN.

En este momento, los usuarios de la conectividad disponen de dispositivos móviles (computadores, tabletas, teléfonos celulares) que en la actualidad son de gran demanda y permiten la conexión inalámbrica entre distintos computadores o portátiles. La tecnología wifi (Wireless Fidelity), ofrece la posibilidad de conexiones a través de señales de radio sin cables. Las tecnologías Bluetooth, wifi, PDAs, WiMAX (wifi de banda ancha) tienen en común las tecnologías que permiten la comunicación de voz y datos sin utilizar cables.

Por tanto, es suficiente y necesario aceptar que la tecnología inalámbrica debe evolucionar eficientemente. Igualmente, al descentralizar la comunicación, las redes WI-FI, no tienen el alcance necesario, caso por el cual Wireless Mesh Networks (WMN) brinda mejores características tecnológicas y la evoluciona a una variante del wifi tradicional.

El uso de la WMN, hace que la comunicación no solo se pueda realizar entre nodo y una estación base, sino también entre muchos nodos que admiten una red robusta, con mayor cantidad de usuarios conectados, y mayor cobertura de la conectividad.

Las WMN llegan cada vez más a las zonas geográficas de difícil acceso, lo que confirma que los requisitos tecnológicos exigidos cumplen con las expectativas tanto de los proveedores del servicio como de los usuarios, haciendo cada vez más exigente la optimización y la innovación tecnológica de su topología, de los recursos informáticos y de conectividad en términos de hardware, software y del diseño e implementación de protocolos de comunicación de la red.

La implantación de una wireless en un punto determinado se puede compartir con otros sitios residenciales circunvecinos; así, con una línea ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) o un cable se puede conectar tantos usuarios como sean necesarios, redundando en una economía máxima en el pago de estas conexiones. Esto es uno de los tantos beneficios de las redes WMN, pero son varias las aplicaciones de conectividad para la vigilancia, campus universitarios, centros comerciales entidades financieras, sin importar la zona donde se ubiquen. De la misma forma, la cobertura y el despliegue de la conexión en tiempo real es asunto de una tecnología actualizada, lo importante es contar con los recursos y dispositivos adecuados así como la ubicación deseada para el acceso.

Es necesario también, contar con un router que soporte el software correspondiente para adecuar el protocolo de comunicación requerido y de esta forma implementar una red mesh automática con los servicios necesarios para una comunidad determinada. La red, se caracteriza a su vez por una realimentación tanto en la configuración como en la actualización de la normatividad en su conectividad sin necesidad de la intervención por parte del usuario.

Para cumplir con esta característica tecnológica, se requiere la instalación de un router para acceder a internet y los demás dispositivos de la red en el área deseada, de tal

forma que esta zona quede configurada y se pueda compartir por todos los usuarios que deseen conectarse a la red.

Las redes mesh configuran áreas amplias para su acceso sin el uso del cable para su conexión. Esto se hace, enviando la señal de internet desde routers inalámbricos que se instalan en un punto deseado. Dicha arquitectura tiene como objetivo unir varios puntos emisores cercanos para implementar una red amplia con elementos inalámbricos. Esta tecnología fue propuesta por FON², considerada como la más grande y compleja comunidad WiFi del mundo. FON dispone de routers WiFi (inalámbricos) para que se comuniquen por el ancho de banda de su conexión a internet. De igual forma, se pueden llevar a cabo la interconexión a los enrutadores WIFI de otros usuarios de la red.

Esto permite el acceso a la red en forma gratuita desde cualquier punto del mundo. Además, cuenta con un localizador de nodos de acceso FON a nivel mundial, basado en el Google Maps, ofreciendo igualmente seguridad en la comunicación.

En Francia la comunidad GOWEX³ cuenta aproximadamente con 300.000 puntos de acceso a sus clientes para formar otra de las redes WiFi más grandes del mundo. El sistema propuesto por GOWEX se caracteriza por una instalación sencilla, cuenta con un router que permite generar dos señales de red inalámbrica, una privada, que esta cifrada y ofrece privacidad a usuarios registrados y que deben usar contraseña y password para el acceso; otra pública para toda clase de usuario que se quiera conectar a la red. GOWEX expandió lo que se conoce como Muni-Fi⁴ considerada como una compleja red urbana WI-FI. Estas redes, son de conectividad gratuita y son financiadas por el estado o por proveedores de contenidos, se encargan de proporcionar cobertura en una ciudad o parte de ella a través de dispositivos móviles para conectar a Internet.

Actualmente y a nivel mundial, las redes WI-FI tienen cobertura parcial de ciudades, tan solo logran ser extendidas en áreas donde existen mayor número de habitantes o determinados sitios de importancia de la localidad.

De WI-FI a WiMax,

WiMax fue promovido por INTEL y a su vez certificado por la IEEE. WiMAX es una designación comercial que el Foro WiMax⁵ le da a todos los dispositivos que cumplen con el estándar IEEE 802.16.

Uno de los propósitos de WiMAX es proporcionar acceso a Internet de alta velocidad a un nivel de cobertura de varios kilómetros de radio. WiMAX proporciona velocidades hasta de 70 mbps en un rango de 50 kilómetros, utilizando las ondas de radio en las frecuencias de 2,3 a 3,5 GHz. WiMAX conecta una estación base con los usuarios sin que éstos tengan que estar en línea directa con la estación. Esta tecnología se denomina NLOS que significa sin línea de visibilidad.

En realidad, WiMAX ofrece ciertas características tecnológicas con mayor ventaja frente a Wifi; mayor alcance y mayor velocidad (recordemos que la cobertura Wifi es de unos 100 metros y la velocidad de 54Mbps), entre otras, lo que hace a WiMAX mas

² FON es una empresa del Reino Unido surgida en el año 2005 con el objetivo de crear una comunidad WiFi global, que permite a sus usuarios la conexión gratuita a los puntos de acceso de otros usuarios, repartidos por todo el mundo

³ GOWEX (GOW-MAB, ALGOW-NYSE Alternext, LGWXY-OTC Market), compañía líder en la creación de Ciudades WiFi Inteligentes (Wireless Smart Cities), recoge los principales hábitos de navegación del usuario WiFi en las más de 80 urbes que cuentan con conexión inalámbrica gratuita provista por la Compañía en todo el mundo.

⁴ Red inalámbrica Municipal (Municipal WiFi, MuniWiFi o Muni-Fi) es el concepto de convertir a toda una ciudad en una zona de acceso inalámbrico, con el objetivo final de hacer que el acceso inalámbrico a Internet a un servicio universal. Esto se hace generalmente por proporcionar banda ancha municipal a través de WiFi a grandes partes o la totalidad de un municipio mediante la implementación de una red de malla inalámbrica.

⁵ Foro WiMax Foro para clientes con banda ancha rural, WiMAX, LMDS y tecnologías inalámbricas

sugestivo para los usuarios. Con WiMAX, prácticamente el uso del cable tiende a desaparecer. De igual forma se incrementa para la conectividad el uso de antenas de distribución.

Por ejemplo, en la figura 1, se muestra una red WiMAX para conectar diversas zonas que usan Wifi; pudiéndose asumir la conexión de zonas Wifi con el ISP (Internet Service Provider).

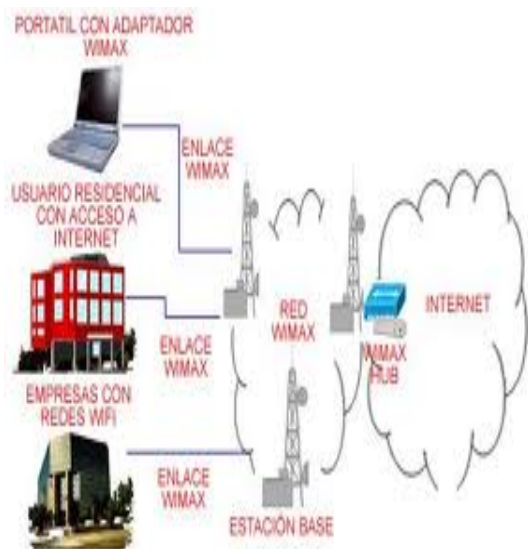


Figura 1: Ejemplo de uso de WiMAX

Al implementar redes mixtas (WiMAX y WiFi), la optimización tecnológica de la redes depende de la ubicación geográfica a conveniencia de la configuración de la red WMN más viable, más económica y de mejor comportamiento en la comunicación de los datos para los usuarios.

Otro caso de uso, es el de facilitar acceso Wifi en zonas urbanas donde muchos de los dispositivos son móviles, (teléfonos celulares, tabletas o portátiles) y a su vez conectarlo a WiMAX en determinadas distancias.

Qué es una red mesh?

Las WMN (Wireless Mesh Networks), son redes híbridas, que se diferencian de las redes comunes o tradicionales y de los sistemas inalámbricos centralizados, tales como las redes celulares y las WLAN. En las redes WMN se combinan dos topologías de redes inalámbricas, la topología Ad-hoc⁶ y la topología infraestructura⁷.

Arquitectura WMN

Se pueden clasificar en tres (3) tipos:

WMN de infraestructura: conecta una red cableada a unos dispositivos inalámbricos a través de una estación base, denominada punto de acceso. El punto de acceso une la red inalámbrica a la red con cable y se utiliza de controlador central de la red

⁶Una red ad-hoc inalámbrica es un tipo de red inalámbrica descentralizada. La red es ad hoc porque no depende de una infraestructura pre-existente, 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.

⁷Topología infraestructura Contrario al modo ad hoc donde no hay un elemento central, en el modo de infraestructura hay un elemento de "coordinación": un punto de acceso o estación base. Si el punto de acceso se conecta a una red cableada, los clientes inalámbricos pueden acceder a la red fija a través del punto de acceso.

inalámbrica, y coordina la interconexión de dispositivos inalámbricos; En la topología de infraestructura, como la que se muestra en la figura 2, pueden existir varios puntos de acceso para dar cobertura a un área física amplia o un único punto de acceso para una zona pequeña, como un local o un edificio pequeño.

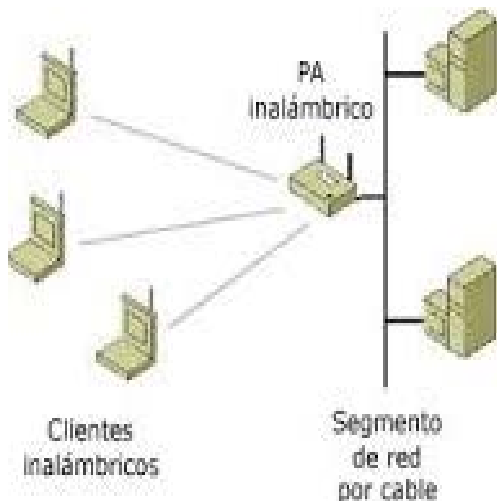


Figura 2 Topología de una red mesh de infraestructura

WMN Cliente: están conformados por dispositivos mesh cliente, que se comportan como conexiones Ad-hoc o peer to peer con otros equipos cliente de la red mesh, se configura como una red de área local independiente que no está conectada a una infraestructura cableada, todas las estaciones se encuentran vinculadas unas con otras, esto quiere decir que la red es independiente. La configuración de una red inalámbrica en modo ad hoc, se utiliza para establecer una red donde no existe la infraestructura inalámbrica.

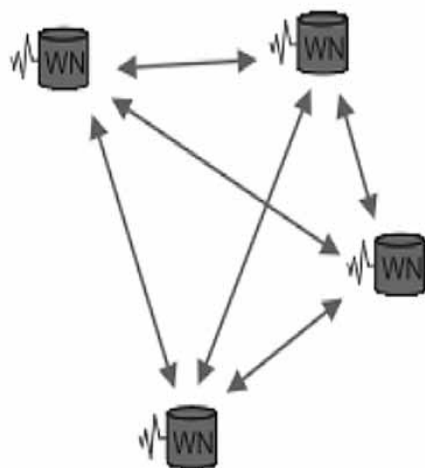


Figura 3 Topología de una red mesh Ad-Hoc

WMN Híbridas: esta topología combina la red Ad Hoc y la topología de la infraestructura. Una WMN híbrida que se puede ver en la figura 4, consiste en un router mesh que conforman la estructura de la red. Además, los clientes inalámbricos

pueden conectarse dinámicamente a la red mesh proporcionando funciones, tales como el encaminamiento de paquetes de los datos. Las redes mesh permiten combinar las ventajas de las arquitecturas infraestructura y del cliente. En muchas oportunidades, la topología en malla se utiliza junto con otras topologías para formar una topología híbrida.

Las redes mesh, inicialmente se usaron para interconectar las unidades militares que se encontraban lejos de las zonas de cobertura de las redes de comunicaciones existentes. Las centrales de mando estaban lo suficientemente distantes para poder enviar los mensajes hasta llegar a su destino.

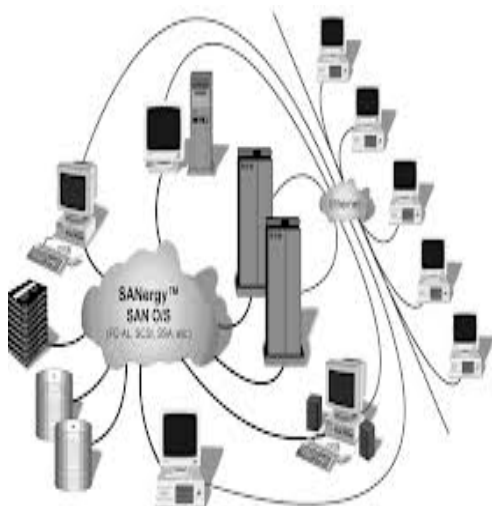


Figura 4 Topología de una red mesh Híbrida

Las redes mesh, son redes con topología de infraestructura, que conectan la red a dispositivos que a pesar de estar fuera del área de cobertura de los puntos de acceso, pueden estar dentro del rango de un nodo móvil directa o indirectamente en modo de topología ad-hoc.

Además, mesh puede permitir que los nodos móviles se conecten independientemente a otros puntos de acceso entre sí.

Se comportan como repetidores para transmitir la información de los nodos que están demasiado lejos, dando como resultado una red que permita alcanzar grandes distancias. Igualmente, son redes muy confiables, ya que cada nodo está conectado a varios nodos. Si uno de ellos sale de la red, los nodos más próximos, buscarán otra ruta. Para ampliar la capacidad de la red solamente se requiere añadir más nodos.

Para hacer posible este modo de interacción, es necesario implementar un protocolo de enrutamiento que pueda enviar información hasta su destino con el mínimo número de saltos. Las redes mesh no se usaban porque era necesaria una implementación compleja de la red para establecer la conexión entre todos los nodos. Con la implantación de las redes wireless nos permite acceder a todos los servicios tales como:

Acceso a Internet gratuito para varios usuarios.

Compartir entre los usuarios archivos, impresoras y otros dispositivos.

Costos de infraestructura económicos.

Por la expansión y uso de las redes VMN, así como su tecnología en la que se fundamenta, es necesario la implementación de un software lo suficientemente potente para su administración de una forma rápida y cómoda desde cualquier punto de la red.

Características básicas de una red WMN

Las características generales asociadas con la tecnología de conectividad, están relacionadas con los factores de velocidad, escalabilidad y garantía en la calidad de servicio, siendo preciso relacionar las siguientes:

Redundancia: los dispositivos que forman las WMN, se comunican con sus similares por varias rutas, que admiten la conexión a cualquier destino por medio de diferentes nodos operativos implementados en la red. El enrutamiento del tráfico es de forma automática.

Instalación: para instalar una WMN únicamente se requiere instalar el nodo con el software mesh preinstalado, como la ruta de la red es dinámica, cuando este nodo ubica automáticamente un nodo vecino, lo pone al servicio de la red.

Autoconfiguración y facilidad de despliegue, permite establecer una interconexión dinámica, entre los dispositivos mesh, además de que cada dispositivo pueda negociar automáticamente la comunicación con nuevos nodos mesh que se involucren a la red.

Itinerancia: las WMN proveen una amplia movilidad en los dispositivos inalámbricos que se encuentren dentro de la zona de cobertura de la red. Permiten conectar los dispositivos rápidamente con el siguiente nodo mesh en la red para continuar con la comunicación, haciendo esta conexión transparente para el usuario.

Autonomía: los protocolos de enrutamiento de WMN permiten la auto-recuperación ante la caída de la conexión o de uno o más enlaces en la red, restableciendo sus tablas de enrutamiento.

Además, cada nodo de una WMN puede actuar como repetidor de la red y a su vez como cliente. Su topología es arbitraria tanto al número de nodos como a los parámetros de conectividad definidos entre ellos, configurando múltiples puntos de entrada y salida, garantizando total confiabilidad en la implementación de aplicaciones en tiempo real.

Seguridad en WMN.

Las redes mesh están expuestas a las mismas amenazas que se presentan en redes cableadas y en otro tipo de redes inalámbricas. La explotación de vulnerabilidades se vuelve cada vez más común sobre todo en redes inalámbricas, en donde la información que viaja por el medio no guiado es muy susceptible de ser interceptada, modificada o eliminada. La gestión de la seguridad en una WMN es uno de los factores de primordial importancia desde el punto de vista de la administración. Algunos de los servicios que se intentan proteger son:

La Confidencialidad: los datos son transmitidos sólo a las entidades o personas interesadas.

Legitimación: Una entidad tiene de hecho la identidad que demanda tener, es decir, reconocimiento de los usuarios dueños del servicio.

Control de acceso: se asegura que solo acciones autorizadas puedan ser realizadas por los usuarios registrados en el sistema.

No Repudio: protege las entidades que participan en un intercambio de información.

Disponibilidad: asegura que los recursos de red sean de acceso en todo momento para los usuarios o entidades autorizadas.

Aplicaciones de las WMN.

Un escenario típico mesh en una zona urbana luce, conectando mayormente antenas en techos de casas o terrazas de edificios, pero podría incluir muchas otras ubicaciones, como torres de antenas, árboles, nodos móviles (vehículos, laptops).

Las redes mesh en el entorno de oficinas son útiles para zonas donde la implementación de redes cableadas es difícil y costosa. El uso de equipos multiradio

permite la implantación de redes de alta capacidad, para ambientes donde es necesario el uso de un buen ancho de banda. Mejora la productividad de los empleados y la reubicación en los puestos de trabajo.

Permite la conectividad en zonas geográficas de acceso difíciles donde la instalación de redes cableadas es demasiado costosa. Asume además los servicios de valor agregado, como publicidad, servicios de localización, seguridad, etc. Es la única alternativa viable y más económica de las existentes en el mercado para este tipo de soluciones.

Las direcciones IP para una red Mesh son de fácil distribución y la asignación automática por DHCP en rangos de IP privado no encierra dificultad alguna, pero no omiten los problemas fundamentales adecuados a las direcciones duplicadas y conflictos de red, por esta causa, es necesario implementar IPV6. Las redes mesh, para su seguridad deben crear una red de comunicaciones con todas las normas de confiabilidad para su acceso en cualquier zona donde sea necesaria su intervención. Facilita la interconexión y la ubicación de trabajadores de emergencia, el monitoreo del estado físico de la red y la transmisión de vídeos e imágenes para hacer frente, de forma eficiente a este tipo de situaciones.

En WMN, los dispositivos de emergencia pueden funcionar como nodos mesh. Una red mesh se puede establecer en una localidad urbana, permitiendo a los habitantes el acceso a sus servicios de comunicación, además puede realizar a su vez una intranet municipal, que permita la interconexión permanente entre los usuarios.

Las redes malladas están en la posibilidad de satisfacer los problemas que se presentan cuando se desea extender una red en zonas densamente poblada, tales como la interferencia cuando se utiliza el espectro libre cuando todas las estaciones de los usuarios tengan acceso libre a la estación base.

Finalmente, otra ventaja, es que las estaciones utilizadas por las redes mesh, transmiten a menor potencia y por lo tanto pueden emplear mayores velocidades de transmisión, y además facilita distribuir el acceso a Internet en varios puntos.

Instalación y configuración de una red mesh.

Los elementos que un usuario necesita para implementar una red mesh, como se muestra en la figura 5, son únicamente puntos de acceso (dispositivos de red wireless), funcionando en modo ad-hoc y al menos uno, haciéndolo también en modo infraestructura para proporcionar acceso a Internet a todos los usuarios de la red.

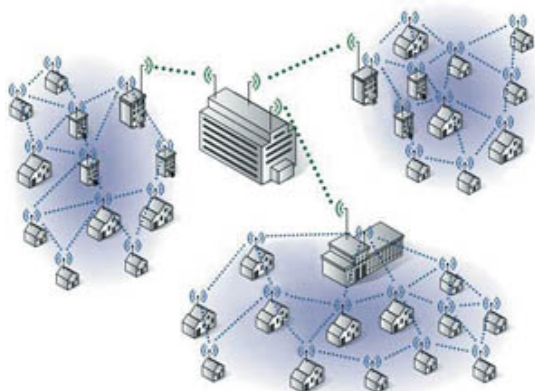


Figura 5: Ejemplo de una red mesh

Generalmente, las arquitecturas de infraestructura y modo ad-hoc, presentadas en la figura 6, producen interpretaciones de carácter dual, luego entonces es necesario explicar su significado. En la arquitectura de infraestructura, los puntos de acceso actúan de forma parecida a los hubs o concentradores, permitiendo que los clientes wireless se comuniquen entre sí.

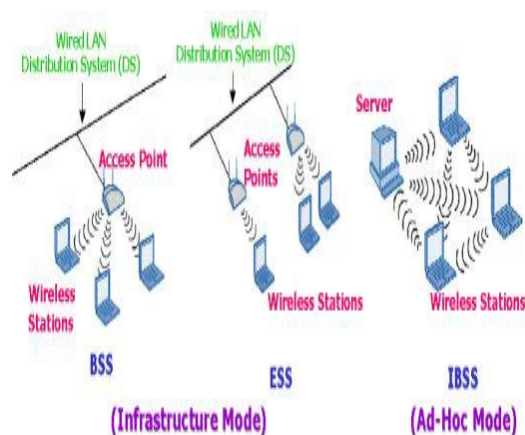


Figura 6: Modo Ad-hoc y modo infraestructura

Frecuentemente, varios puntos de acceso en la red se usan para cubrir un área determinada como una casa, una oficina u otro tipo de localización delimitada.

Los puntos de acceso tienen característicamente varias conexiones en la red: la tarjeta wireless y tarjetas Ethernet que se utilizan para conectarse con el resto de la red. En la arquitectura ad-hoc no se establecen conexiones a los puntos de acceso, de tal forma que cuando un dispositivo se debe conectar con otro que está fuera de su zona de alcance, envía el mensaje a los dispositivos repetidores, hasta llegar al dispositivo destino.

En VMN, el modo ad-hoc son conexiones punto a punto, donde el protocolo de encaminamiento adquiere una importancia relevante puesto que se encargará de encontrar la ruta desde el dispositivo emisor al dispositivo receptor sin congestionar la red.

Para que los dispositivos de una red asuman la operación en modo ad-hoc se requiere de su configuración, siendo necesario que se encuentren en el mismo canal, accediendo a la interfaz del punto de acceso.

Los fabricantes proveen su firmware propio para la administración y control de los puntos de acceso, Sin embargo, existen varias alternativas para la configuración de los dispositivos y de esta forma permitir mayor y mejor rendimiento a los puntos de acceso a la red.

Rutinas para la implementación de una red mesh.

Wireless Mesh Networking (WMN) trata de permitirle a las comunidades y a las organizaciones no lucrativas en el mundo en desarrollo a planificar, implementar y mantener, la infraestructura de red local para permitir las comunicaciones de voz y datos, a nivel local y en Internet.

Algunos de los requisitos claves de las redes WMN son:

La descentralización de la infraestructura de la red, para evitar puntos de acceso no controlados.

La tecnología utilizada debe ser lo suficientemente económica y sencilla para su mantenimiento y para facilitar la ampliación de su cobertura por parte de los habitantes de una región.

Esto significa que el uso del hardware a implementar en la red se está convirtiendo poco a poco en una tecnología común y corriente para facilitar su configuración. Estas tecnologías incluyen VoIP⁸ y las llamadas redes de malla. El argumento para VoIP es obvio, especialmente teniendo en cuenta el poder de las comunicaciones de voz en las zonas de difícil acceso a las redes informáticas.

Las redes mesh, son una tecnología que está evolucionando gradualmente a tal punto que las implementaciones en las redes inalámbricas hacen uso de muchas técnicas dependiendo de los proveedores de dispositivos en la configuración. Además, la implantación en determinadas zonas geográficas con dificultad para el acceso a la red todavía tiene total aceptación. Algunas de estas limitantes por las cuales las redes mesh deben ser reconsideradas, son:

Precio: las WMN son relativamente económicas, sin embargo las radiofrecuencias que las operan son aun uno de los elementos más costosos en las redes de este tipo. El hecho de que cada nodo de la malla funcione como cliente y como repetidor, eventualmente significa ahorrar en la cantidad de radios necesarios.

La facilidad y la simplicidad: Si usted tiene un cuadro que viene preinstalado con el software de malla inalámbrica y utiliza protocolos inalámbricos estándar, la configuración es muy sencilla. El enrutamiento se configuran de forma dinámica, por ejemplo, frecuentemente es suficiente ubicar una caja en la red, e instalar cualquier antena para conectar a uno o más nodos vecinos existentes, se supone que con esta técnica se puede resolver la asignación de direcciones IP.

Modelos de organización y de negocios: El carácter descentralizado de las redes mesh se muestra como un modelo de propiedad descentralizada en la que cada participante en la red posee y mantiene su propio hardware, que puede simplificar en gran medida los aspectos financieros y de la comunidad del sistema.

Complejidad de la red: El carácter de la topología de red y enrutamiento ad-hoc promete una mayor estabilidad frente a las condiciones cambiantes o fallas en los nodos individuales, que muy probablemente se considera una condición necesaria.

Energía: Los nodos de WMN (exceptuando aquellos nodos que mantienen un enlace a Internet) se pueden construir con requisitos de energía extremadamente bajos, lo que significa que pueden ser desplegados como unidades completamente autónomas con energía alternativa. Como beneficio secundario, la presencia de nodos de red integradas dentro de las redes mesh, permiten una mejor administración.

Integración: El hardware de WMN generalmente es de dimensiones pequeñas, silencioso y de fácil encapsulado en cajas resistentes a la intemperie. Esto significa que también se integra muy bien al aire libre, por ejemplo en las viviendas populares.

La Topología de la red: Raramente las WMN se presentan como una estrella, anillo, o un bus, dado que en los terrenos de difícil acceso a la red no todos los usuarios pueden ver uno o algunos puntos centrales, lo más probable es que ella puede ver uno o más usuarios vecinos. Esto hace que la configuración de los dispositivos que integran la red sean implementados con diversos protocolos de conexión y de instalación.

Cuando se habla de una red de malla inalámbrica, se asume una red que se encarga de múltiples conexiones y es capaz de actualizarse de forma dinámica, optimizando las mismas. Esto puede ser una red móvil, en el que se supone que cada uno (o al menos algunos) de los nodos de la red son unidades móviles que cambian de posición con el tiempo. La gestión dinámica de la información de enrutamiento complejo,

⁸ **VoIP: Voz sobre Protocolo de Internet**, también llamado **Voz sobre IP**, **Voz IP**, **VozIP**, (VoIP por sus siglas en inglés, Voice over IP), es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP (Protocolo de Internet). Esto significa que se envía la señal de voz en forma digital, en paquetes de datos, en lugar de enviarla en forma analógica a través de circuitos utilizables sólo por telefonía convencional.

incluye información sobre las redes externas, por ejemplo, toda la Internet de ancho de banda y sus rutas de acceso a la misma, son el mayor desafío para los protocolos dinámicos mesh.

El escenario de movilidad en una WMN en el que cada unidad de cliente es un PDA (computador de bolsillo) o un teléfono móvil, u otra unidad móvil, son una unidad para los puntos VIP en aeropuertos, centros comerciales, oficinas, etc. Para el óptimo cumplimiento de los objetivos propuestos en la configuración e instalación de las WMN es necesario esperar los próximos años dadas las limitaciones actuales de la potencia de procesamiento de las unidades móviles.

Sin embargo, por ahora, debemos aprovechar el uso de la tecnología liberada para la implementación de una red mesh, podemos llegar al punto en donde las redes tipo "ad-hoc estática" ofrecen algunas ventajas. De manera similar, los híbridos entre las topologías mesh y otras topologías (estrella, anillo, etc.) es probable que sean las soluciones óptimas a futuro.

Protocolos e implementaciones

Hay un gran número de protocolos e implementaciones en el campo de las redes mesh y la creación de redes ad-hoc, cada uno con diferentes objetivos y criterios tecnológicos de diseño, también, se están desarrollando hoy cada vez más técnicas para su implantación. Muchos de los protocolos y sistemas de implementación disponibles no están al alcance de este artículo para poder dar una lista completa, pero los autores mantienen una página Wiki con una lista de enlaces y lecturas sobre el tema.

En lo que sigue del artículo, vamos a introducir los protocolos más comúnmente vistos, sus normas, sistemas y productos en el mundo de las redes mesh inalámbrica.

Es importante tener en cuenta que algunas implementaciones se construyen para computadores dedicados, mientras que otros parecen asumir un computador portátil que se convierte en un nodo de la mesh invisible en segundo plano.

Si bien esto no es una verdadera característica de los diferentes enfoques, es un aspecto muy relevante para las implementaciones prácticas, más aún cuando el presupuesto y la maquinaria son limitadas. Veamos los diferentes enfoques:

Tipo de Protocolo

En los protocolos es importante determinar si es un protocolo proactivo, reactivo o basado en la posición, para ello es importante tener en cuenta sus principales características:

- ✓ Protocolos reactivos: obtienen información de enrutamiento solo cuando es necesario, el tiempo en establecer las conexiones es mayor que los protocolos proactivos pero la sobrecarga de red es menor. Por ejemplo: AODV.
- ✓ Protocolos proactivos: conocen exhaustivamente el estado de la red, así cuando necesita una ruta esta ya se conoce y se encuentra lista para ser usada inmediatamente; en escenarios cambiantes el envío constante de mensajes para actualizar las tablas de enrutamiento sobrecarga la red. Por ejemplo: Babel, BATMAN, OLSR, OSPF y PWRP.
- ✓ Protocolos híbridos: utilizan las ventajas de cada uno de los protocolos anteriores, haciendo uso del encaminamiento proactivo cuando los nodos están cerca y el encaminamiento reactivo cuando los nodos están lejos y

cuando los caminos son utilizados en pocas ocasiones. Son los recomendados por el estándar 802.11s.

Tipos de Licencias

Las licencias de TORA y PWRP son propietarias, las otras son de uso libre.

Análisis de protocolos de enrutamiento

OLSR (Optimized Link State Routing) ⁹ las características principales del protocolo:

- ✓ Son protocolos para redes ad-hoc.
- ✓ Protocolo de enrutamiento por estado de enlace.
- ✓ Utiliza la capa tres del modelo OSI (Enlace de datos) para encontrar las rutas a través de toda la malla.
- ✓ Cada nodo envía un mensaje de saludo (Hello) en intervalos establecidos.
- ✓ Los nodos adyacentes reciben el mensaje (Hello), comparan el mapa de red con el mensaje para detectar un cambio en la ruta, si dicho cambio existe se procede a transmitir a los vecinos un mensaje TC (cambio de topología).
- ✓ Cada vez que llega un mensaje TC se debe volver a calcular toda la topología de la red; así cada nodo sabrá enrutar cada paquete usando su nueva tabla de enrutamiento actualizada.
- ✓ Se basa en el algoritmo de Dijkstra usando una métrica ETX (Expected Transmission Count) para establecer los caminos.
- ✓ Opera en modo distribuido, la carga del tráfico se reparte en varios nodos inalámbricos.

El OLSR es un protocolo proactivo, debido a ello utiliza la red para el envío de los mensajes; lo cual a medida que se incrementa los números de nodos cambia la topología, y por ende aumenta el tráfico de mensajes y con ello co-gestiona la red, originando la pérdida de paquetes.

Como en cada nodo se hace el cálculo total de la ruta hacia otros nodos, debido al conocimiento de la topología de la red, es por ello que el funcionamiento es descentralizado, lo cual trae un alto procesamiento en cada nodo.

AODV (Ad-Hoc On Demand Distance Vector) ¹⁰ las características principales del protocolo:

⁹ : A. Batiste Troyano. "Protocolos de encaminamiento en redes inalámbricas mesh: un estudio teórico y experimental". Universidad de Sevilla, junio 2011. 71pp

¹⁰ : Charles E. Perkins and Elizabeth M. Royer. Ad hoc On-Demand Distance Vector Routing. In Proceedings of the 2nd IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, New Orleans, LA, pages 90-100, February 1999.

- ✓ Protocolo de enrutamiento IP, el cual consiste en que los nodos pueden encontrar y almacenar rutas hacia otros nodos en la red.
- ✓ Es on-demand, o reactivo, es decir las rutas son por demandas, se establecen sólo cuando se requieren.
- ✓ Las decisiones de enrutamiento se establecen utilizando vectores de distancia, las cuales se miden en saltos entre los routers de la red.
- ✓ En el nodo se tiene un número de secuencia (timestamp), el cual se utiliza para determinar las rutas actuales y se determina por el número mayor y se descarta los más antiguos y una tabla de enrutamiento de las rutas a cada nodo.
- ✓ Cada ruta activa tiene un tiempo de disponibilidad en la tabla de enrutamiento, cuando este tiempo se termina se elimina de la tabla la ruta.
- ✓ Tiene un procedimiento de descubrimiento de rutas, si el nodo origen requiere la ruta de un nodo destino, envía por broadcast un mensaje, y de esta manera se establecen las rutas entre nodos.
- ✓ Otro procedimiento es el de mantenimiento de rutas el cual proporciona una retroalimentación al requerimiento de una ruta en caso de un enlace o un router se dañe o pierda y de esta forma la ruta se modifica o se redescubre.
- ✓ El uso de tablas de enrutamiento en cada nodo y así se evita que los paquetes lleven dichas rutas.
- ✓ En cada nodo no se mantiene rutas, las rutas se obtienen de acuerdo a la necesidad ya sea porque se activen o se desactiven.
- ✓ Este protocolo puede realizar tres tipos de transmisión:
 - Unicast: Envía datos de un nodo a otro.
 - Multicast: Envía datos de un nodo a un grupo de nodos
 - Broadcast: Envía datos de un nodo a los demás nodos de la red
- ✓ Para encontrar una ruta se realizan bajo demanda y se hacen utilizando un ciclo de petición/respuesta de ruta, estas peticiones son enviadas por medio de un paquete llamado RREQ (Route Request) y las respuestas por medio del paquete RREP (Route Reply), el resumen de las secuencias para encontrar una ruta son las siguientes:
 - Para conocer la ruta de un nodo origen hacia un nodo destino, se utiliza vía broadcast un RREQ.
 - Los nodos que conocen una ruta hacia un destino solicitado contestan enviando un RREP, la información retorna hasta el nodo origen del RREQ y actualiza las rutas de los nodos que lo necesiten.
 - La información que se reciben en el nodo del RREP se almacena en la tabla de enrutamiento del nodo.

Este protocolo una de sus ventajas es la disminución del tiempo para el enrutamiento de los paquetes y trabaja bajo demanda.

HSLs (Hazy Sighted Link State Routing Protocol) ¹¹

¹¹ : http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-91516.pdf

- ✓ Este protocolo de enrutamiento trabaja con vista confusa del estado de enlace, es decir los enlaces de baja calidad los elimina
- ✓ Es Proactivo como Reactivo, ya que envía los mensajes de actualización en un determinado tiempo y espacio.
Se recomienda el uso del protocolo para redes que estén compuestas por más de mil nodos.

BATMAN (Mobile Ad-hoc Networks MANETs) ¹²

- ✓ Es un protocolo de enrutamiento proactivo para Redes Mesh Ad-Hoc.
- ✓ Mantiene proactivamente la información sobre la existencia de todos los nodos en la red Mesh que son accesibles con unas comunicaciones de un solo salto o de múltiples saltos.
- ✓ Determina para cada nodo destino un único salto vecino, el cual será usado como la mejor puerta de enlace para comunicarse con el nodo destino.
- ✓ No requiere calcular la ruta completa, por ello la comunicación es rápida y eficiente.
- ✓ Realiza el análisis estadístico de la pérdida de paquetes del protocolo y la velocidad de propagación y no depende del estado o topología de la información de otros dispositivos.
- ✓ Las decisiones de enrutamiento son basadas en el conocimiento de la existencia o la falta de información.
- ✓ Los paquetes contienen una cantidad limitada de información, es por ello que son pequeños.

Este protocolo fue diseñado en función de medios poco fiables que si experimentan altos niveles de inestabilidad y de pérdida de datos, fue concebido para contrarrestar los efectos de las fluctuaciones de una red y compensar su inestabilidad, permitiendo así un alto nivel de robustez.

El PWRP (Predictive Wireless Routing Protocol) ¹³

- ✓ Protocolo de enrutamiento inalámbrico y dinámico que permite que los routers de malla realicen mediciones de extremo a extremo de la calidad de la ruta y las utilicen para tomar decisiones de enrutamiento cuyo resultado es un rendimiento máximo.
- ✓ Se basa en algoritmos patentados de enrutamiento que maximizan el rendimiento y la resistencia de las redes inalámbricas de malla.
- ✓ La red se pueden ampliar con rapidez mediante routers móviles de la misma línea de productos.
- ✓ Utiliza algoritmos patentados para optimizar de forma continua y dinámica el uso del espectro disponible:

¹² : <http://tools.ietf.org/html/draft-underlichopenmesh-manet-routing-00>

¹³ : [http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/c568bff10bbfc2d3c1257c5a00526f79/\\$file/74-78%204m339_ES_72dpi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot271.nsf/veritydisplay/c568bff10bbfc2d3c1257c5a00526f79/$file/74-78%204m339_ES_72dpi.pdf)

- PowerCurve™: este algoritmo distribuido aumenta o disminuye dinámicamente los niveles de potencia de transmisión y adapta las tasas de datos de enlace para mantener la fiabilidad de cada enlace inalámbrico y maximizar el número de enlaces simultáneos. Evita, por ejemplo, que los routers “fuertes” ahoguen las “conversaciones” cercanas.
- Airtime Congestion Control™ (ACC): ACC se ha diseñado para facilitar un rendimiento uniforme a un gran número de usuarios, especialmente en redes muy saturadas, superando de este modo una deficiencia conocida de 802.11 MAC.
- Inmunidad al ruido adaptativa (ANI): ANI ajusta los parámetros de detección de paquetes a nivel de chip en tiempo real para minimizar los sucesos de detección en falso y maximizar la sensibilidad del receptor.

PWRP fue creado para enrutamiento a través de redes de malla, los nodos de la red se pueden mover o se apaga, los niveles de señal puede verse afectada por la calidad del aire o de objetos móviles. Esta es la razón por PWRP abandona la base de datos de enrutamiento generalmente utilizado por los protocolos de enrutamiento.

Babel (a loop-free distance-vector routing protocol) ¹⁴:

- ✓ 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).
- ✓ Funciona con IPv4 e IPv6 y fue diseñado, en un principio, para redes inalámbricas ad-hoc, por lo que es un protocolo muy robusto en presencia de nodos móviles, impidiendo la formación de bucles sin fin y ofreciendo una rápida convergencia.
- ✓ Está basado en el algoritmo de Bellman-Ford, al que incorpora ciertos refinamientos que previenen la formación de bucles o, al menos, aseguran que un bucle desaparecerá después de un cierto tiempo y no volverá a aparecer.

Funcionamiento y formatos de los paquetes de Babel:

- ✓ **Nodos e interfaces:** igual que B.A.T.M.A.N., Babel distingue entre nodos e interfaces. Un nodo puede tener más de una interfaz formando parte de la red.
- ✓ **Métrica:** Babel se basa en la calidad de los enlaces entre nodos para calcular la métrica de una ruta. Se define el coste de un enlace entre A y B como C(A, B) y la métrica de A a un destino S como D(A). Para determinar estas métricas se utilizan dos tipos de paquetes: Hello y IHU (I Heard yoU).

¹⁴ : The Bellman-Ford Algorithm. The Babel Routing Protocol (RFC 6126). <http://tools.ietf.org/html/rfc6126#section-2.2>

- ✓ **Algoritmo de Bellman-Ford:** este algoritmo calcula la ruta más corta entre dos nodos en un grafo dirigido y ponderado. Babel se basa en él para el cálculo de rutas. El algoritmo se ejecuta en paralelo para cada nodo, calculando las distancias a los demás nodos de la red. Para la explicación teórica que sigue, se define un nodo destino S de referencia para el que se calculara la distancia mínima.
- ✓ **Condición de viabilidad:** cuando el enlace entre dos nodos vecinos se rompe, pueden crearse bucles en la actualización de rutas. Para evitar esto, se define la condición de viabilidad como aquella que permite a un nodo rechazar un anuncio de ruta por parte de otro nodo, si dicho anuncio puede crear un bucle sin fin. Las condiciones de viabilidad pueden ser muy diversas.
- ✓ **Números de secuencia:** Babel utiliza números de secuencia para las rutas, una solución introducida por DSDV y AODV. Además de la métrica, cada ruta transporta un número de secuencia, un número entero no decreciente que se propaga inalterado por toda la red. El único que puede incrementar el número de secuencia es el nodo origen. El par (métrica, num. secuencia) se conoce como distancia. De esta forma, podremos saber si la información recibida sobre una ruta es nueva o antigua.

Uso actual de las redes mesh

Los inicios de las redes mesh son militares. Se usaron para comunicarse con aquellas unidades que aun estando lejos de las zonas de cobertura, estaban lo suficientemente cerca formando un vínculo a través del cual se pudiesen ir pasando los mensajes hasta llegar a su destino.

Actualmente las mesh está bastante difundidas en toda clase de comunidades, Empresas privadas, laboratorios y grupos de investigación dedicados al estudio estas redes y todo lo que las rodea.

En la WMN se brindan entre otros los siguientes servicios:

- Seguridad: se pueden ubicar cámaras de seguridad en lugares estratégicos de la comunidad para protección de los integrantes de una comunidad y para controlar el tránsito
- Comunicación: al implementar este tipo de red se facilita la conexión de dependencias públicas de las comunidades.
- Administración Centralizada de Datos: al poner en servicio un Data Center, la comunidad podrá ubicar sus datos en forma centralizada.
- Roaming: los usuarios de la red podrán tener movilidad más eficiente de la información dentro de la cobertura de la WMN.
- Acceso a Internet: todas las personas que posean dispositivos que tengan la capacidad de conectarse inalámbricamente a la red WMN podrán conectarse a la red pública
- Servidor Web: las redes mesh permiten que los usuarios asignen los sitios web de su preferencia.
- Correo Electrónico: accederá a un dominio de correo electrónico para la localidad.

El propósito de la implementación de una red mesh para una comunidad determinada no solo es el de facilitar una conexión a Internet. Se trata igualmente, de crear otra red, administrada por sus propios usuarios. En caso de desastre y el consiguiente colapso de las redes de comunicación, la red mesh es la mejor elección de conectividad al no depender únicamente de los canales y medios de transmisión habituales, puesto que asume la conexión permanente desde cualquier punto, usándose como una red de

emergencia y así solucionar los problemas de comunicación y transmisión de voz y datos en un momento determinado.

De la misma forma, las redes Mesh pueden ser utilizadas como un medio de comunicaciones para usuarios móviles, esto minimiza el cableado en las comunicaciones.

Colombia-Mesh

En el caso colombiano, Mesh apareció primero para Bogotá, y rápidamente se ha extendido a otras zonas del país. Hoy existen seis (6) regiones que han implementado las redes mesh, a saber:

Caribemesh,
EnReDate,
Fusa Libre,
Red Espinal Libre,
Valledupar Mesh
Bogotá Mesh.

El objetivo no es brindar solamente conexión a internet, sino además, interconectar distintos servicios de comunicación que maximizan el acceso al conocimiento, extender la cobertura a todos los sectores sociales y coadyuvar a disminuir la brecha digital, todo a través del uso de conexiones comunitarias sin intermediación de los sectores públicos o privados.

El gran beneficio de las redes mesh libres en Colombia, se fundamenta en la facilitación de la interconexión ciudadana y la circulación abierta de todo tipo de contenidos compartidos de forma autónoma para los usuarios.

Puede ser utilizada en aulas virtuales que funcionaran en zonas rurales, igualmente como puente para procesos de telemedicina llevando especialistas a barrios marginales y como sistema de comunicación alternativo en caso de desastres naturales. Particularmente para la capital de la república, se puso al servicio de la comunidad Bogotá-mesh, que consiste en una red inalámbrica comunitaria cuyo propósito es el de ayudar a la creación de una red independiente, comunitaria, sostenible y autónoma.

Además de haber logrado interconectar zonas marginales de Ciudad Bolívar, donde se desarrollan talleres en los cuales se enseña a instalar el hardware necesario de la red y a configurar el software para el uso de programas libres y de servicios como correo electrónico, chat, cámaras de vigilancia comunitaria, servidores, telefonía IP y bibliotecas multimedia para compartir información de todo tipo, entre otros.

Resultados

Las redes mesh a futuro son la opción más viable en cuanto al uso de la conectividad se refiere, ya que quedan demostradas en el contenido de este artículo todas las ventajas tecnológicas que ofrece a partir de su implementación. Característica que sobresale con respecto a los diferentes tipos de redes de comunicaciones las ubican a futuro como una alternativa optima en la solución a problemas de interconexión y optimización del transporte de la información entre usuarios.

Cabe resaltar que para las comunidades rurales y urbanas las redes mesh son la opción a tener en cuenta, pues, el solo hecho de poderse implementar en áreas geográficas con dificultades para acceder a la señal de comunicaciones es quizás la más importante característica tecnológica a ser tomada en cuenta por los usuarios con necesidades de una mejor comunicación.

Las redes mesh, igualmente constituyen una alternativa económica en su diseño debido a que los dispositivos que las componen son puestos por los proveedores a

bajo costo y con acceso libre a todos los servicios que la tecnología dispone actualmente en las redes de comunicación.

Otras ventajas que la tecnología de las comunicaciones muestran a través de la implementación de las redes mesh son:

Mayor facilidad de comunicación.

Mejora de la dinámica en el transporte de la información.

Acceso a la totalidad de los servicios informáticos que viajan por las redes públicas.

Adaptación a los avances tecnológicos tanto de WiFi y WiMax.

Seguridad comprobada de la información.

Facilidad para acceder a los dispositivos que conforman la red.

Protocolos de comunicación en general sencillos en su desarrollo e implementación.

Transición definitiva entre las redes de cable y los dispositivos inalámbricos.

Posicionamiento definitivo de la sociedad del conocimiento en todos los estamentos de la humanidad

Conclusiones

WMN Es una topología sencilla para su configurar e implementación. Las áreas son igualmente distribuidas y cada nodo puede ver todos los otros nodos. Si la zona donde se implementa es demasiado amplia, se requiere el uso de "saltos a través de otros nodos mesh antes de finalizar la comunicación. Por medio de los protocolos de enrutamiento, se puede distribuir uniformemente el acceso para optimizar la ruta que debe tomar un paquete de información.

Realizando la instalación adecuada, es posible desplegar la red económica disponiendo de los dispositivos sugeridos en el artículo. Con las ventajas que este diseño conlleva, por ejemplo previene de desconexiones o extravíos inesperados, además de no utilizar en muchas instancias el cableado ya que no físicamente no es significativo su uso. La situación de las antenas, y en particular las distancias entre ellas, es importante puesto que evita efectos indeseables en el enrutamiento de la información. Se ha intentado en su implementación, generalizar pruebas basadas en multisaltos inalámbricos.

Lógicamente que se puede experimentar nuevas alternativas tecnológicas para la implementación y configuración de los dispositivos que componen la redes mesh pensado en determinados tipos de tráfico de paquetes de información específicos. Por ejemplo se podría estudiar el comportamiento de la red transportando tráfico de voz IP a través de los multisaltos y sus posibles efectos

Por último, es reiterativo advertir que para optar una estrategia de solución a la comunicación de una comunidad en general se requiere de un conocimiento tecnológico especializado. Pero queda claro que para implementar redes mesh en particular, los argumentos tecnológicos son elementales, sencillos y redundan en una economía en muchos aspectos.

Referencias

Abolhasan, M.; Hagelstein, B.; and Wang, J. C.-P. Real-world performance of current proactive multi-hop mesh protocols. Real-world Performance of Current Proactive Multi-hop Mesh Protocols. 2009.

Capacity of Ad-Hoc Wireless Network.

FON. Wi community. <http://www.fon.com>.

<http://pdos.csail.mit.edu/papers/grid:mobicom01/paper.pdf> Massachusetts Institute of Technology.

Javier Martin Solera. Nuevos protocolos de encaminamiento para redes móviles Ad-Hoc Proyecto Fin de Carrera de la Universidad Politécnica de Catalunya, Castell defels, Febrero de 2006.

Mesh Dynamics, Performance Analysis of three mesh networking architecture, www.meshdynamics.com/performance-analysis.html, 2010.

Millán A. Redes Enmalladas 802.11, Infraestructura de las ciudades inalámbricas USC”, Mayo 2006.

OpenWRT. Linux distribution for embedded systems. <http://openwrt.org/>.

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.

REDES MESH en Aplicaciones Multipunto Multipunto Enlaces Inalámbricos Multipunto-Multipunto. 2012.

Simó, Javier, Desarrollo de nodos Mesh Wi-Fi autónomos como soporte a redes de telemedicina rural en zonas aisladas, www.ehas.org/uploads/file/difusion/articulos/congresos_encuentros/Desarrollo%20de%20nodos%20Mesh%20WiFi%20autonomos%20como%20soporte%20a 2011

