

## Topología aplicada en redes ad hoc

*Applied topology in wireless ad hoc network*

Sergio Pineda Sanchez  
Hans Morales Delgadillo<sup>1</sup>

### Artículo de investigación

**Recepción:** 23 de enero de 2020

**Aceptación:** 05 de junio de 2020

### Cómo citar:

Pineda Sánchez, S. y Morales Delgadillo, H. 2020. Topología aplicada en redes ad hoc. Mare Ingenii. Ingenierías 2 (1), pp. 18-26. Recuperado de <http://cipres.sanmateo.edu.co/index.php/mi>

---

<sup>1</sup> Estudiantes en la Fundación Universitaria San Mateo. Correos electrónicos: [spineda@funsanmateo.edu.co](mailto:spineda@funsanmateo.edu.co) / [han80777779@sanmateo.edu.co](mailto:han80777779@sanmateo.edu.co)

**Resumen:**

Hoy en día existen varios estudios enfocados en las redes ad hoc. La razón: aunque dicha tecnología no es nueva, aún tiene grandes vacíos lo que la hace una tecnología incompleta. Las redes ad hoc tienen el potencial de ser útiles en el estilo de vida en la sociedad actual. Sin embargo, antes de ser usada de forma masiva es necesario superar retos como el desarrollo de un eficiente protocolo de enrutamiento, altos estándares de calidad de servicio y lograr brindar buena seguridad. Una ventaja de las redes ad hoc es su alta movilidad, con este tipo de redes se pueden cubrir amplias extensiones de terreno, sin una administración central. En sus inicios esta tecnología fue pensada para usos militares, pero con el tiempo se reconoció que puede ayudar a resolver problemas de la vida cotidiana. Se ha acostumbrado a las redes con topologías definidas y equipos que administran y gestionan la red, pero las redes Ad Hoc no siguen el mismo patrón. La red es formada por diferentes equipos que se comunican entre sí: celulares, laptops y cualquier tipo de dispositivos que cuente con tecnologías de conexión Wireless. Adicionalmente, debido a la condición de movilidad, los nodos que componen estas redes pueden cambiar rápidamente de posición en el tiempo, hace que la tipología sea variable. En el recorrido de este artículo se identificarán las características de las redes ad hoc y las tipologías de red. Finalmente se evaluará la posibilidad de aplicar las tipologías (generalmente conocidas a las redes ad hoc) y si podrían representar un beneficio para las mismas.

**Palabras claves:** Redes ad hoc; QoS; tecnología; nodos; topología; inalámbrico.

**Abstract:**

Nowadays the ad hoc networks are very important and there are many studies about it, the reason: the ad hoc networks is an incomplete technology. The ad hoc networks could be use-

ful but before that society start to use it massively is necessary to develop a good enough routing protocol and also an acceptable quality of service system. One advantage of ad hoc networks is the high mobility; this kind of networks can cover a big place without a central administration or additional devices. At the beginning, these networks were thinking for military industries, but today we can recognize that technology could solve some problems in our life. We used to use centralized networks and defined topologies but the Ad Hoc networks do not follow the same patrons, are just devices connected to other devices directly with changeable nodes that can change in a brief moment. This article is going to check a little about this technology and the network's topology, after see if it is possible to apply a topology for ad hoc networks. It also seeks if it could help to save and how it could improve the networks quality and availability.

**Keywords:** Ad hoc network; QoS; technology; nodos; topology; wireless.

**Introducción****¿Qué son las redes ad hoc?**

Las redes tradicionales son formadas por unos equipos centrales (routers), encargados de encaminar la información o paquetes que se transmiten por medio de la red. Las redes ad hoc difieren de las redes tradicionales porque no requieren equipos centrales, es una red formada sin ninguna administración central [1]. Ahora bien, en 1986 comenzaron los trabajos de red ALOHA que pretendía ser usada con fines de educación en Hawái. Uno de los problemas que tuvo ALOHA fue su diseño de salto simple; además, requería disponibilidad de todos los nodos. Por otro lado, en 1973 DARPA comenzó a trabajar en la

red de paquetes de radio (PRnet, por sus siglas en inglés *packet radio network*), una multi red de salto múltiple [1]. Este desarrollo fue motivado por la necesidad de conectar host móviles y proveer comunicaciones en un entorno móvil [2]. PRnet se basó en nodos que trabajaban en forma conjunta para hacer la retransmisión de los paquetes y así lograr grandes distancias. Todo esto fue posible gracias al sistema de saltos múltiples.

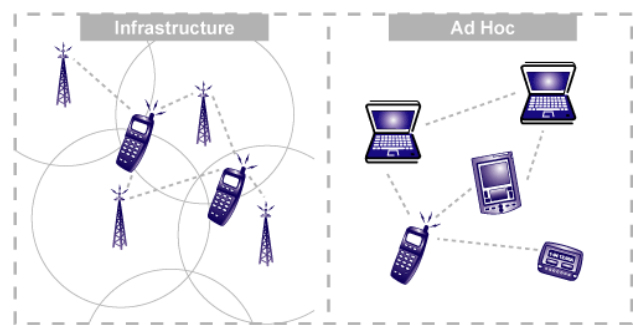
Cuando se estaba desarrollando IEEE 802.11, un estándar para redes de área local inalámbricas (WLAN, por sus siglas en inglés *Wireless local area network*), el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE, por sus siglas en inglés *Institute for Electrical and Electronic Engineering*) sustituyó el término red de paquetes de radio por el de red ad hoc. Las redes de paquetes de radio habían llegado a ser asociadas con las redes de salto múltiple de las operaciones militares (o de rescate) a gran escala; mediante la adopción de un nuevo nombre, el IEEE esperaba indicar un escenario de desarrollo enteramente nuevo [1].

Como resultado al incremento en el uso de dispositivos portátiles, móviles y a la sofisticación de los mismos, en los años 1990 el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF, por sus siglas en inglés *Internet Engineering Task Force*) creó el grupo de trabajo MANET. Buscó estandarizar los aspectos relevantes de las redes ad hoc para ser usados en aplicaciones comerciales, centrándose inicialmente en protocolos de enrutamiento unicast intra dominio eficientes [3].

En este sentido, diferentes situaciones que se han presentado a lo largo del tiempo han hecho que las redes ad hoc se conviertan en una necesidad. Por ejemplo, en momentos de desastres naturales, o situaciones de emergencia, se requieren redes que no dependan de una estación base como lo hace la telefonía celular ac-

tual para que los equipos de emergencias puedan actuar de una forma más eficiente. Otro de los motivos, incluso el más grande, son las aplicaciones militares pues es muy conveniente una red que cubra una buena distancia de forma independiente.

Ahora bien, tal vez las aplicaciones de mayor alcance son las redes más o menos autónomas de robots domésticos interconectados que limpian, lavan los platos, cortan el césped, realizan vigilancia de seguridad y otras labores parecidas. Algunas personas han propuesto redes de salto múltiple ad hoc (denominadas redes sensoras), por ejemplo, para monitorización medioambiental, donde las redes se podrían usar para predecir la polución del agua o para alertar con tiempo de la aproximación de un tsunami [1].



**Figura 1.** Esquemas red de tecnología móvil y red ad hoc. [1]

## Características de las redes ad hoc.

Entre las principales características de las redes ad hoc se encuentran las siguientes:

- No se usa infraestructura de red: las redes ad hoc no requieren que exista una infraestructura de red disponible para poder cooperar. De forma autónoma, ellas pueden tener su propio conjunto de protocolos de enrutamiento, mecanismos de gestión de red y procesos de establecimiento de la comunicación e intercambio de información.

- Ancho de banda limitado: según la naturaleza inalámbrica de la red ad hoc, los enlaces radio presentan una capacidad más reducida que los enlaces de las redes cableadas.
- Uso de baterías: los dispositivos pensados para operar en los ambientes de alta movilidad e inalámbricos, presentes en las redes ad hoc, basan su fuente de energía en baterías las cuales tienen una vida útil limitada.
- Red Multisalto: Las redes ad hoc (contrario a las redes convencionales) realizan sus comunicaciones basados en enlaces de múltiples saltos radio eléctricos. Cada uno de ellos tiene diferentes condiciones de propagación y son efectuados a través de los diferentes nodos que conforman la red.
- Diferentes canales: como resultado de la característica anterior, de la diversidad de potencia que presentan los dispositivos, de efectos de interferencia y canal oculto, entre otros; las redes ad hoc presentan una elevada variabilidad en las condiciones de propagación del canal radio eléctrico.
- Topología dinámica: en una red ad hoc los nodos se comportan de forma autónoma. Permite que los nodos se muevan libremente en cualquier dirección y en cualquier momento de forma independiente respecto de los demás nodos.

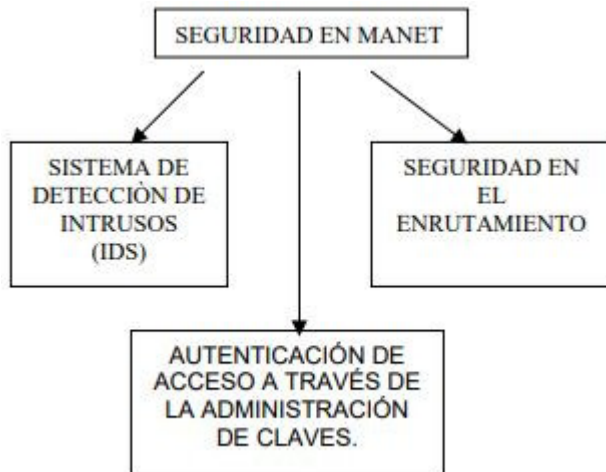
Aunque las redes ad hoc han sido un trabajo de varios años, aún tiene muchos retos técnicos por superar antes de ser la solución que promete. Uno de los ejemplos más claros es la necesidad de hacer un enrutamiento sin requerir infraestructura central. Lo anterior hace referencia a la búsqueda de un protocolo de enrutamiento que sea capaz de trabajar con

las condiciones variables en cuanto a topología con nodos cambiantes y al mismo tiempo soporte los cambios de ancho de banda. Aún es necesario buscar algoritmos que permitan la información requerida de forma general [3].

Otro desafío a superar es encontrar un acceso al medio adecuado para este tipo de red que solucione las constantes colisiones que se puedan presentar. Esto debido a que va a existir una gran cantidad de usuarios móviles, requieren un intercambio equilibrado de paquetes que se adapte fácilmente a la topología. De igual forma, y como ya se ha mencionado anteriormente, es importante tener en cuenta la limitación de potencia de transmisión que tienen los equipos alimentados por baterías. Entonces, se requieren métodos para ahorrar las baterías optimizando la potencia en la que los dispositivos van a transmitir.

Por otro lado, la seguridad es uno de los retos más importantes. Aunque hablar de seguridad en redes ad hoc es hablar de un gran desafío en la investigación de la ciencia de la computación, pues involucra el surgimiento y aplicación de modelos y técnicas capaces de sustentar la vulnerabilidad al acceso de este tipo de redes con topología dinámica. Para poder determinar esos modelos computacionales, en primera medida, se debe tener en cuenta los requisitos que deberían cumplir este tipo de técnicas computacionales de fortalecimiento de seguridad en las redes ad hoc. Al igual que las redes cableadas, las redes MANET deben cumplir con los criterios de integridad, autenticación, no repudiación y disponibilidad [4]. A pesar de que las condiciones de las redes puedan ser variables en distintos sentidos, se debe garantizar seguridad transversal a cualquier red ad

hoc que se pueda formar mediante sistema de detección de intrusos (IDS) y mecanismos de autenticación. En la Figura 2 se puede observar un modelo de seguridad para red MANET.



**Figura 2.** Esquema modelo de seguridad transversal.

Con el fin de proporcionar seguridad a las redes MANET genéricas existe la técnica de enrutamiento llamada SAR (Security-Aware ad hoc Routing (SAR) que incorpora atributos y parámetros de seguridad a las redes ad hoc. SAR habilita el uso de seguridad como una métrica negociable, permite encontrar rutas seguras y es de incorporación y uso sencillo [5].

Así, el avance constante de la tecnología, envía al mercado nuevos equipos móviles con más y más características. Esto también supone un reto para el desarrollo completo de las redes ad hoc, el reto es la adaptabilidad de las nuevas tecnologías. Esta adaptabilidad se debe dar de forma natural con los nuevos dispositivos y también generar protocolos adaptables que puedan sacar provecho de las nuevas tec-

nologías. La escalabilidad busca mecanismos que permitan que el número de usuarios de la red se incremente y que la red continúe administrando el nivel de servicio que se espera, sin degradarse ni colapsar la operatividad de la red [4].

## Protocolos para redes ad hoc.

Para las redes móviles ad hoc, la cuestión del encaminamiento de paquetes entre cualquier par de nodos llega a convertirse en una tarea comprometida porque los nodos se pueden mover de manera aleatoria dentro de la red. Un camino que se consideraba óptimo en un punto del tiempo podría no funcionar en absoluto unos pocos momentos después. Además, las propiedades estocásticas de los canales inalámbricos se añaden a la incertidumbre de la calidad del camino. El entorno operativo como tal podría también causar problemas para escenarios bajo techo; el cierre de una puerta podría ser causa de que se interrumpiese un camino.

Entonces, los protocolos de encaminamiento tradicionales son proactivos, mantienen rutas a todos los nodos, incluyendo nodos a los cuales no se están enviando paquetes. Reaccionan a cualquier cambio en la topología, aunque no resulte afectado ningún tráfico por el cambio; asimismo, requieren mensajes periódicos de control para mantener rutas a todos y cada uno de los nodos de la red. El ritmo al que se envían estos mensajes de control debe reflejar la dinámica de la red a fin de mantener rutas válidas.

Por lo tanto, los recursos escasos como la energía y el ancho de banda del enlace serán usados frecuentemente para tráfico de control a medida que aumente la movi-

lidad del nodo. Un procedimiento alternativo comprende el establecimiento de rutas reactivas, lo que dicta que las rutas entre nodos se determinen solamente cuando se necesiten de forma explícita para encaminar paquetes. Esto evita que los nodos actualicen cada ruta posible de la red. En vez de ello, permite concentrarse o bien en las rutas en uso, o bien en las rutas que están en el proceso de ser establecidas [1]. En este sentido, los siguientes son unos ejemplos de los protocolos de encaminamiento para redes ad hoc:

### **Algoritmo Bellman-Ford o de vector de distancia.**

Este algoritmo permite que de forma proactiva cada nodo de la red guarde una tabla con las rutas de encaminamiento posibles completas. De tal forma, es capaz de elegir la ruta más probable teniendo en cuenta la cantidad de saltos requerida. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el *Destination-Sequenced Distance-Vector* (DSDV) funciona para redes que no sufren cambios topológicos.

### **Algoritmo de distancia bajo demanda (AODV).**

Este algoritmo buscó mejorar las prestaciones de DSDV bajándose igualmente en vectores de distancia, con la diferencia de que los nodos no guardan tablas de encaminamiento de forma permanente. En cambio, al momento en que se requiere comunicación, el nodo envía un mensaje a través de la red por medio del cual puede encontrar el camino más factible. El mensaje enviado traza la ruta y abre una comunicación de ida y vuelta. Adicionalmente, en el proceso tiene un sistema de números de secuencia para evitar bucles de encaminamiento.

### **Algoritmo de encaminamiento dinámico de fuente.**

El encaminamiento dinámico de fuente es un protocolo de encaminamiento reactivo que usa el encaminamiento de fuente para enviar paquetes de datos. Las cabeceras de los paquetes de datos llevan las direcciones de los nodos a través de lo que debe pasar el paquete. Esto significa que los nodos intermedios necesitan solamente mantener la pista de sus vecinos inmediatos para remitir los paquetes de datos.

Por otra parte, la fuente debe saber la secuencia completa de saltos al destino. Al igual que en AODV, el procedimiento de adquisición de la ruta en la Superresolución Dinámica (DSR) pide una ruta haciendo circular por el sistema un paquete RREQ. Un nodo que recibe un paquete RREQ busca en el caché de su ruta, donde se almacenan todas sus rutas conocidas, una ruta al destino pedido. Si no se encuentra ninguna ruta, remite el paquete RREQ después de haber añadido primero su propia dirección a la secuencia de salto almacenada en el paquete.

El paquete se propaga a través de la red hasta que llega o bien a su destino, o bien a un nodo con una ruta al dicho destino. Si se encuentra una ruta, únicamente se devuelve un paquete RREP al nodo fuente que contiene la secuencia de saltos apropiada para llegar al destino. Otra característica del protocolo DSR es que puede aprender rutas de las rutas fuentes de los paquetes que recibe.

### **Topologías de red**

Topología de red es el arreglo físico o lógico en el cual los dispositivos o nodos de una red (e.g. computadoras, impresoras, servidores, *hubs*, *switches*, enrutado-



res, etc.) se interconectan entre sí sobre un medio de comunicación. Está compuesta por dos (2) partes: la tipología física, que es la disposición real de los cables (los medios) y la topología lógica que define la forma en que los *hosts* acceden a los medios. Las topologías físicas que se utilizan comúnmente son de bus, de anillo, en estrella, en estrella extendida, jerárquica y en malla [6].

Existen ya varios tipos de topologías definidas. Para cada una de ellas tiene sus propias características, representan ventajas o desventajas dependiendo del tipo y propósito de la red. A continuación se encuentran los principales tipos de topología:

- **Topología tipo bus:** esta es una topología que se puede representar como un solo cable donde se conectan todos los *host*. Este tipo de conexión le permite a todos los equipos ver el tráfico de los demás. Este tipo de topología solo se usa para redes pequeñas y puede presentar problemas de tráfico y colisiones [6].

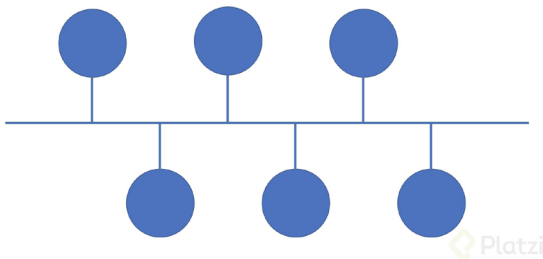


Figura 3. Topología tipo bus.

- **Topología tipo anillo:** se compone de un solo anillo cerrado formado por nodos y enlaces. Cada nodo está conectado con solo dos (2) nodos adyacentes [6].

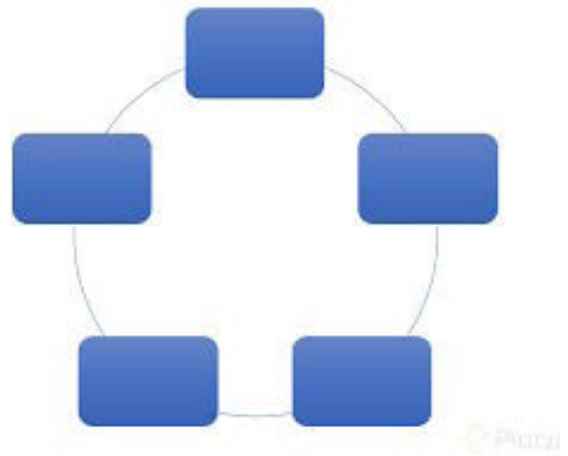


Figura 4. Topología tipo anillo.

- **Topología tipo estrella:** la topología en estrella tiene un nodo central desde el que se irradian todos los enlaces hacia los demás nodos y no permite otros enlaces [6].

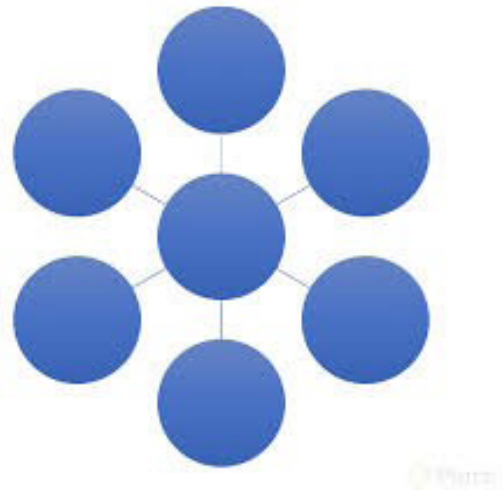


Figura 5. Topología tipo estrella.

- **Topología tipo árbol:** es similar a la topología en estrella extendida; la diferencia principal es que no tiene un nodo central. En cambio, tiene un nodo de enlace troncal desde el que se ramifican los demás nodos [6].





- [4] C. F. T. Castaño, "Detección de intrusos y seguridad en redes móviles ad-hoc," 2002.
- [5] S. Yi, P. Naldurg and R. Kravets, "Security-aware ad hoc routing for wireless networks," in Proceedings of the 2nd ACM international symposium on Mobile ad hoc networking and computing. ACM, 2001, pp. 299–302.
- [6] V. Autores, "Topología de redes," <https://www.ecured.cu/Topolog>
- [7] P. Santi, "Topology control in wireless ad hoc and sensor networks," ACM computing surveys (CSUR), vol. 37, no. 2, pp. 164–194, 2005.
- [8] A. B. Peral, "Control de topología soportado por técnicas de clustering aplicado a redes ad hoc," INFORMATICA, p. 08, 2007.