



Mobile Ad-hoc NETworks: Más allá de la movilidad

Eva Maya
Profesional de Proyectos

Francisco Martínez
Profesional de Proyectos



MOBILE AD-HOC NETWORKS: MÁS ALLÁ DE LA MOVILIDAD

FRANCISCO ORLANDO MARTÍNEZ
Profesional de Proyectos
CINTEL

EVA JULIANA MAYA
Profesional de Proyectos
CINTEL

Resumen

La evolución de la computación móvil avanza a pasos agigantados en el contexto actual. Como consecuencia de esta tendencia, los requerimientos de movilidad y autoconfiguración de las redes que soportan este tipo de servicios son cada vez más exigentes, con el ánimo de brindar transparencia de conexión y disminuir la dependencia de los clientes de una infraestructura predefinida.

Las Redes Móviles Ad-hoc (MANET, por su sigla en inglés) brindan una alternativa interesante para enfrentar los desafíos que plantea el mundo móvil moderno, con miras a brindar la capacidad requerida en un ambiente inalámbrico completamente interconectado.

(Agosto de 2009)

Contenido

INTRODUCCIÓN.....	4
1 ¿QUÉ SON LAS MANET?.....	5
2 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES MANET	7
3 MANET EN ENTORNOS MILITARES	8
CONCLUSIONES	11
REFERENCIAS	12
DESTACADOS	13

INTRODUCCIÓN

Es los últimos años, el crecimiento en la popularidad de la computación móvil es indiscutible. Los progresos de la microelectrónica para mejorar las capacidades de procesamiento y favorecer la miniaturización de los dispositivos, han ido de la mano con el desarrollo de aplicaciones software dirigidas a satisfacer las necesidades de diferentes segmentos de mercado que van desde el consumo masivo hasta los ambientes empresariales, e incluso militares. En este sentido, la tendencia hacia el futuro no muestra precisamente un estancamiento de este comportamiento, sino por el contrario, una adopción más marcada de las tecnologías móviles como soporte fundamental a las tareas de la vida diaria: se estima que para el año 2017 siete trillones de dispositivos móviles servirán a 7 billones de personas alrededor del mundo (WWRF, Technologies for the Wireless Future: Wireless World Research Forum, 2008).

Esta tendencia ha generado nuevos paradigmas en la evolución de este tipo de tecnologías con el ánimo de satisfacer las necesidades del mundo actual, en el cual la movilidad, la flexibilidad y la capacidad de autoconfiguración de las redes que soportan los servicios, toman cada vez más relevancia. Escenarios ubicuos donde los dispositivos son capaces de detectar las características del ambiente circundante y responder a cambios en el mismo para adaptar el brillo de la pantalla o entregar el contenido adecuado por ejemplo, son una muestra clara de este tipo de requerimientos.

En el mismo sentido, la atención de desastres es una situación aún más representativa. En estos casos, es muy común que la infraestructura eléctrica y de comunicaciones existente resulte averiada, lo cual disminuye significativamente la efectividad de los diferentes organismos involucrados; la búsqueda de mecanismos que permitan activar la operación de las redes, aún cuando la infraestructura principal se encuentra fuera de servicio, ha sido una preocupación constante. Recientemente, una nueva tecnología se abre paso para dar el soporte de red adecuado a los exigentes ambientes móviles modernos y los requerimientos planteados por escenarios similares a los descritos anteriormente: las Redes Móviles Ad-hoc o MANET, por su sigla en inglés (Mobile Ad-hoc NETWORKS).

El presente artículo describe los aspectos más relevantes relacionados con las características y funcionamiento de las redes MANET; igualmente, se muestra su potencial de aplicación en uno de los ambientes de mayor exigencia como lo es el entorno militar.

Con este propósito, el artículo se ha organizado de la siguiente manera: en la primera sección, se realiza una conceptualización de las redes MANET y se presentan algunos aspectos básicos de su funcionamiento; en la segunda sección, se resumen las características más importantes de este tipo de redes; en la tercera sección, se analiza el potencial de aplicación de las redes MANET en entornos militares, a través del planteamiento de un escenario ideal y los desafíos que se enfrentan para llevarlo a la práctica. Finalmente, se presentan algunas conclusiones sobre el tema tratado.

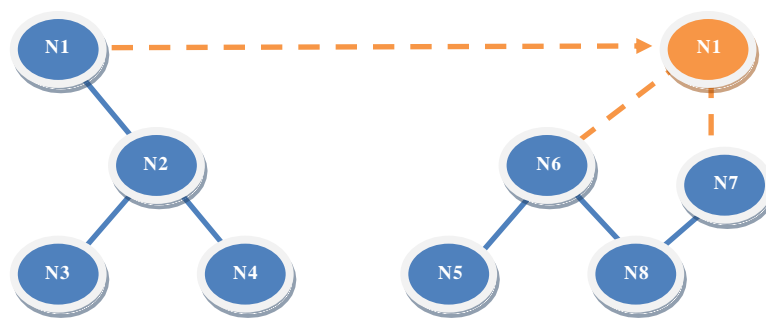
1 ¿QUÉ SON LAS MANET?

Con el propósito de construir una definición para el concepto de redes MANET, es necesario referirse en primera instancia al concepto de redes ad hoc. En términos simples, una red ad hoc es aquella que no requiere una infraestructura preestablecida y puede conformarse sobre demanda, aún si los nodos que la conforman son estacionarios (Perkins, 2001). Esto significa que existen dos perspectivas que pueden ser abordadas desde el punto de vista de configuración de la red: la primera, considera que cada uno de los nodos está dentro del rango de cobertura inalámbrica de los otros; en este sentido, la red ad-hoc está completamente conectada. Sin embargo, una conectividad total puede ser inviable en la práctica, no sólo por la dificultad para lograr una cobertura plena sino por el desperdicio de potencia para los terminales, que en la mayoría de los casos son operados por batería. La segunda perspectiva, un poco más interesante, considera la distribución de nodos en la red sin mantenerse necesariamente en el área de cobertura de otros nodos inalámbricos; ante la ausencia de una infraestructura de enrutadores disponible, es evidente la necesidad de un enrutamiento multisalto entre los nodos. Esta característica evoluciona el concepto de redes ad hoc hacia el concepto de redes Mesh, también conocidas como redes de infraestructura instantánea (Draves, Padhye, & Zill, 2004).

En las redes Mesh, los nodos no sólo operan como host sino también como enrutadores, reenviando los paquetes en representación de otros nodos que no se encuentran directamente en el rango de transmisión inalámbrica de sus destinos (Akyildiz, Wang, & Wang, 2005). Esto significa que cada nodo puede estar conectado con otro en la red de forma directa o indirecta, mejorando así la confiabilidad, ya que pueden existir muchos caminos posibles para conectar dos nodos específicos (Bommer, 2007).

La Figura 1 ilustra brevemente el funcionamiento de una red Mesh simple, compuesta por ocho nodos y sus respectivos enlaces. Los nodos tienen la capacidad de moverse relativamente entre ellos; mientras esto sucede, pueden romperse varios enlaces y establecerse otros nuevos. Por ejemplo, la figura muestra cómo el nodo N1 se aleja de N2 y establece nuevos vínculos con N6 y N7. Igualmente, la mayoría de algoritmos soporta la aparición de nuevos nodos móviles y la desaparición de nodos previamente disponibles.

Figura 1 Funcionamiento general de una red Mesh



Tomando como base el contexto anterior, una MANET puede ser definida como una red auto-configurable de enrutadores móviles y sus hosts asociados, conectados a través de enlaces inalámbricos formando una topología arbitraria (NIST, 2008).

En este caso, los nodos poseen la habilidad para moverse libremente y organizarse aleatoriamente; así, una red MANET puede operar de forma autónoma o estar conectada a una red más grande. De acuerdo con esta definición, no se advierte en primera instancia una diferencia relevante con respecto a las redes Mesh; por esta razón, es importante aclarar la relación que existe entre estos dos conceptos que frecuentemente son tratados como sinónimos. Tanto las redes Mesh como las redes MANET hacen uso de las capacidades de networking ad hoc y las redes MANET utilizan la técnica multisalto definida por las redes Mesh. En este orden de ideas, las MANET se pueden considerar como una especialización de las redes Mesh para entornos móviles (Akyildiz, Wang, & Wang, 2005).

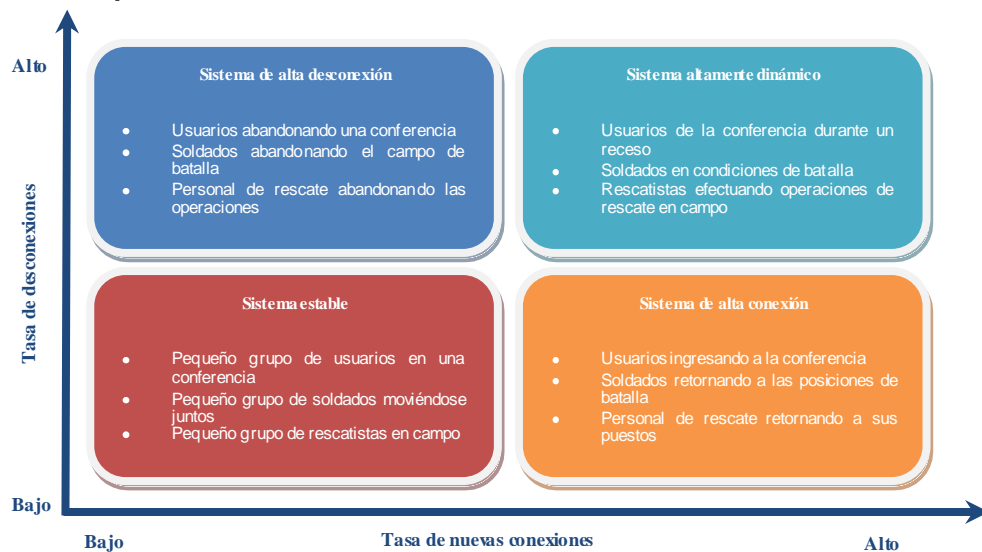
2 CARACTERÍSTICAS DE LAS REDES MANET

Las redes MANET poseen características que las hacen atractivas para desempeñarse en entornos que requieren una alta movilidad pero también una gran flexibilidad en la configuración de la red. En primera instancia, la capacidad multisalto es esencial para que las redes MANET logren dos objetivos importantes: por un lado, extender la cobertura sin sacrificar la capacidad del canal y por otro, proporcionar conectividad sin línea de vista (Srivastava, Hilal, Thompson, Chattha, MacKenzie, & DaSilva, 2008). Como consecuencia, se logran tasas de transferencia más altas a través de enlaces cortos sin sacrificar cobertura, causando menos interferencia entre los nodos y haciendo un reuso de frecuencia más eficiente.

En este sentido, la topología y conectividad de la red dependen de la movilidad de los usuarios, gracias a las capacidades que tienen los nodos finales. Esta característica impone retos importantes en los protocolos de enrutamiento, así como también en la configuración y despliegue de la red que aún son materia de investigación (Shweta & Samir, 2008) (Mottola, Cugola, & Picco, 2008).

Por otro lado, gracias al dinamismo de las redes MANET, éstas pueden pasar por diferentes estados de operación que pueden clasificarse de acuerdo con la tasa de conexiones y desconexiones, como se muestra en la Figura 2. De esta manera, una red MANET se considera estable si maneja una tasa baja de conexiones y desconexiones; de alta conexión, si existe una tasa alta de conexiones y una tasa baja de desconexiones; de alta desconexión, si la tasa de desconexiones es alta y la tasa de conexiones es baja; altamente dinámica si existe una tasa elevada de conexiones y desconexiones. Así, una red de este tipo puede operar en diferentes estados en instantes distintos, o un segmento de la red puede funcionar en modos diferentes al mismo tiempo (Radhakrishnan, Racherla, Sekharan, Rao, & Batsell, 2003).

Figura 2 Estados de operación MANET



Fuente: (Bommer, 2007)

3 MANET EN ENTORNOS MILITARES

En la medida que los requerimientos de movilidad y ubicuidad se hacen más exigentes, las redes MANET abren un universo de innumerables aplicaciones potenciales. Sin lugar a dudas, uno de los escenarios de aplicación más interesante tiene ver con los entornos militares, al punto que el despliegue de redes MANET en las distintas operaciones de este tipo, es materia de investigación por parte del Departamento de Defensa de los Estados Unidos y otros organismos homólogos en distintos países (Stotts, Seidel, Krout, & Kolodzy, 2008).

A través del uso de MANET, las diferentes fuerzas que participan en una misión pueden utilizar un medio de comunicaciones conjunto que permita a cada uno de los nodos tácticos (helicópteros, aviones, soldados, etc.) comunicarse entre sí, al tiempo que están conectados con los centros de comando y control. Por otro lado, las operaciones militares se ejecutan frecuentemente en lugares donde la infraestructura de comunicaciones es inexistente, escasa o inadecuada; la posibilidad de construir redes bajo demanda a medida que las necesidades así lo exijan, es la característica más atractiva de las redes MANET en este tipo de entornos (Burbank, Chimento, Haberman, Kasch, & Hopkins, 2006).

Igualmente, las redes de sensores son otro escenario de aplicación interesante que complementa los intereses del entorno militar; la posibilidad de tener a disposición una red de pequeños dispositivos inalámbricos capturando información detallada del terreno o condiciones ambientales que puedan representar una amenaza para el desarrollo de las operaciones, son de especial interés en este campo.

Sin embargo, la implementación de MANET en entornos militares enfrenta retos importantes que deben ser resueltos antes de alcanzar una aplicación práctica. Para una mejor comprensión de estos desafíos, es preciso analizar inicialmente el escenario ideal de aplicación de redes MANET en este tipo de entornos:

En una MANET militar ideal, el ingreso de los nodos a la red es dinámico pero sólo se limita a terminales autorizados.

La red puede operar de forma autónoma o conectarse a una red principal de acuerdo con los requerimientos de la misión, manteniendo su rendimiento y capacidades funcionales. Las gateways que establecen la interfaz con la red principal son descubiertas de forma automática, si están disponibles.

Las unidades amigas tienen acceso a los servicios de comunicación de la MANET (dentro de los límites de autorización) y los parámetros de autenticación, autorización, integridad y privacidad son configurados de forma automática y negociados en cada caso.

Las comunicaciones son seguras tanto al interior como fuera de la red MANET, en modos de baja probabilidad de detección e interceptación.

La red es completamente autónoma, lo cual significa que las unidades autorizadas pueden unirse, abandonar o reingresar a la MANET sin intervención manual; múltiples

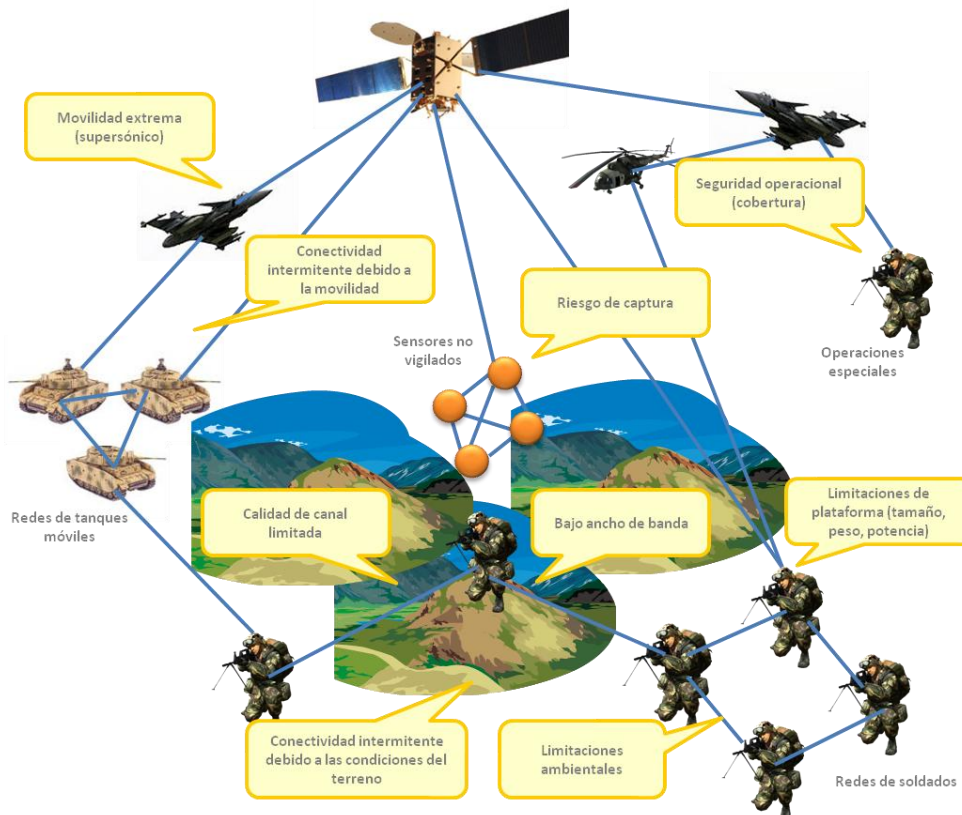
caminos están disponibles para enrutar la información de forma segura sin que se requiera una planeación previa. De esta manera, la cantidad de participantes puede escalar desde una pequeña escuadra hasta una brigada.

La red tiene la capacidad de brindar servicio a nodos con movilidad pedestre (5 Km/h) o nodos supersónicos. Igualmente, habilita la comunicación con redes de sensores activos o pasivos.

Como se puede observar, este escenario es bastante ambicioso y requiere procesos de innovación tecnológica importantes antes de ser llevado completamente a la práctica. En la Figura 3 se describen algunas dificultades que enfrenta la implementación de redes MANET en entornos militares (Burbank, Chimento, Haberman, Kasch, & Hopkins, 2006).

En primera instancia, diversos tipos de sistemas aéreos, naves no tripuladas o aviones supersónicos se encuentran en el espacio de combate, lo cual implica diferentes grados de movilidad que deben ser gestionados por el stack de protocolos. Adicionalmente, las condiciones ambientales pueden ser extremadamente variables, desde selvas hasta desiertos, lo cual afecta de manera distinta las condiciones de propagación de las señales de Radio Frecuencia (RF); debido a la necesidad de cobertura, estas condiciones adversas se traducen en anchos de banda limitados y conexiones intermitentes con alta probabilidad de retardo.

Figura 3 Restricciones del ambiente militar



Fuente: (Burbank, Chimento, Haberman, Kasch, & Hopkins, 2006)

Por otro lado, los equipos utilizados deben ser livianos, eficientes en el consumo de energía y adaptables fácilmente a las diferentes plataformas tácticas (desde aviones hasta morrales); igualmente, deben soportar condiciones adversas como polvo, arena, humedad, altas temperaturas o temperaturas extremadamente bajas en grandes alturas.

Finalmente, a los desafíos planteados anteriormente se suma el alto grado de seguridad que se requiere en las comunicaciones y que puede verse comprometido por el riesgo de captura de los equipos.

Aunque la aplicación práctica de MANET en entornos tan complejos como el analizado será una realidad en el corto o mediano plazo gracias a los resultados de las diversas investigaciones en curso, la piedra angular de este importante desarrollo y los beneficios derivados de sus cualidades inherentes, ya conviven con nosotros.

CONCLUSIONES

Se puede considerar a las redes MANET como una especialización de las redes Mesh para entornos móviles, con características de alta flexibilidad y dinamismo en la configuración de la red.

El enrutamiento multisalto es la característica más importante de las redes MANET y constituye la base fundamental para su funcionamiento. Gracias a esta capacidad, cada nodo de la red actúa de forma activa en el enrutamiento de los paquetes creando múltiples caminos para que éstos alcancen su destino.

Los entornos militares encuentran en las redes MANET un potencial de aplicación muy importante para el desarrollo de las operaciones, ya que éstas se ejecutan con frecuencia en lugares donde la infraestructura de comunicaciones es inexistente, escasa o inadecuada; la posibilidad de construir redes bajo demanda a medida que las necesidades así lo exijan, es la característica más atractiva de MANET en este tipo de entornos.

Un escenario ideal para el despliegue de redes MANET en entornos militares, exige la participación de muchos nodos interconectados con diferentes grados de movilidad (pedestre hasta supersónica) y estrictos requisitos de seguridad. Por esta razón, diversas investigaciones estudian mecanismos para superar las limitaciones inherentes al despliegue de este tipo de redes, relacionadas principalmente con condiciones ambientales y de propagación variables, bajos anchos de banda, riesgo de captura de equipos, entre otros.

REFERENCIAS

Akyildiz, I., Wang, X., & Wang, W. (2005). Wireless mesh networks: a survey. *Computer Networks* , 47 (4), 445-487.

Bommer, J. (2007). *Joint Networking Command and Control (C2) Communications among Distributed Operations, JCAS and Joint Fires*. Tesis de Maestría, Naval Postgraduate School, Monterrey, California.

Burbank, J., Chimento, P., Haberman, B., Kasch, W., & Hopkins, J. (2006). Key Challenges of Military Tactical Networking and the Elusive Promise of MANET Technology. *Communications Magazine, IEEE* , 4 (11), 39-45.

Draves, R., Padhye, J., & Zill, B. (2004). Routing in multi-radio, multi-hop wireless mesh networks. *ACM Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM)*, (págs. 114-128).

Mottola, L., Cugola, G., & Picco, G. (2008). A Self-Repairing Tree Topology Enabling Content-Based Routing in Mobile Ad Hoc Networks. *IEEE Transactions on Mobile Computing* , 7 (8), 946 - 960.

NIST. (Junio de 2008). *Mobile Ad Hoc Networks (MANET)*. Recuperado en agosto de 2009, de National Institute of Standards and Technology: http://www.antd.nist.gov/wahn_mahn.shtml

Perkins, C. (2001). *Ad hoc networking: an introduction*. Boston, MA: Addison-Wesley Longman Publishing.

Radhakrishnan, S., Racherla, G., Sekharan, C., Rao, C., & Batsell, S. (2003). Protocol for dynamic ad-hoc networks using distributed spanning trees. *Wireless Networks* , 9 (6), 673-686.

Shweta, J., & Samir, R. (2008). Exploiting path diversity in the link layer in wireless ad hoc networks. *ScienceDirect* , 6 (5), 805 - 825.

Srivastava, V., Hilal, A., Thompson, M., Chattha, J., MacKenzie, A., & DaSilva, L. (2008). Characterizing mobile ad hoc networks: the maniac challenge experiment. *Proceedings of the third ACM international workshop on Wireless network testbeds, experimental evaluation and characterization*, (págs. 65-72). San Francisco, California.

Stotts, L., Seidel, S., Krout, T., & Kolodzy, P. (2008). MANET Gateways: Radio Interoperability Via the Internet, Not the Radio. *IEEE Communications Magazine* , 46 (6), 51-59.

WWRF. (2008). *Technologies for the Wireless Future: Wireless World Research Forum*. San Francisco: Wiley.

DESTACADOS

Se puede considerar a las redes MANET como una especialización de las redes Mesh para entornos móviles, con características de alta flexibilidad y dinamismo en la configuración de la red.

Un escenario ideal para el despliegue de redes MANET en entornos militares, exige la participación de muchos nodos interconectados con diferentes grados de movilidad (pedestre hasta supersónica) y estrictos requisitos de seguridad. Por esta razón, diversas investigaciones estudian mecanismos para superar las limitaciones inherentes al despliegue de este tipo de redes, relacionadas principalmente con condiciones ambientales y de propagación variables, bajos anchos de banda, riesgo de captura de equipos, entre otros.



Av Calle 100 No. 19 - 61 Piso 8
TEL: 635 3538 Fax: 635 3336/38
Bogotá D.C. Colombia