

## Sistemas peer-to-peer móviles: introducción, problemas y usos potenciales

### Introducción

Los dispositivos móviles están presentes en todas partes. Estos dispositivos personales se utilizan tanto en las comunicaciones interpersonales (llamadas de teléfono, vídeo, mensajes), como para el acceso a Internet o la recuperación de información a través de aplicaciones en línea, independientemente de la ubicación en la que uno se encuentre. Son muchos los países con recursos limitados donde el acceso a Internet desde dispositivos móviles supera al acceso desde dispositivos fijos. No obstante, el acceso móvil a Internet está constituido por un entorno mucho más controlado y limitado. Las limitaciones están estrechamente relacionadas con las características del terminal, de las tecnologías de conectividad disponibles en cada dispositivo y de las políticas de restricción que aplican los operadores de las redes móviles. Se está realizando un importante esfuerzo por aprovechar al máximo las ventajas de la conectividad móvil de las redes IP y permitir que los terminales móviles compartan el contenido que generan: información contextual, documentos multimedia... Una buena forma de sortear las limitaciones impuestas por los operadores de las redes móviles sería concebir el desarrollo de una alternativa a los modelos de redes centralizados, que ofrezca al usuario la posibilidad de acceder a una nueva gama de servicios. La mejor forma de hacerlo sería la creación de una plataforma peer-to-peer.

En este artículo, analizaremos la aplicación de los principios de las redes peer-to-peer en las redes móviles y su utilización en la comunicación móvil o aplicaciones contextuales. En primer lugar, examinaremos las redes peer-to-peer desde un punto de vista general. A continuación, analizaremos la utilización de los conceptos de las redes peer-to-peer en dos tipos de redes móviles: las redes móviles ad-hoc y las redes celulares móviles. Posteriormente, centraremos nuestra atención en algunos de los problemas relacionados con el uso de las tecnologías de redes peer-to-peer en las redes celulares móviles. Para finalizar, presentaremos algunos ejemplos relativos a la utilización de las tecnologías peer-to-peer en aplicaciones móviles.

### Presentación general de las redes peer-to-peer

Para una gran parte de la sociedad, un sistema peer-to-peer es sinónimo de un intercambio ilegal de archivos. En el contexto del taller, un sistema peer-to-peer puede describirse más exactamente como una forma participativa de producción de contenido que puede ser un artículo en wiki, un conjunto de especificaciones de código abierto para componentes electrónicos, o un contenido multimedia. No obstante, existe una definición mucho más técnica para el sistema peer-to-peer.

Desde el punto de vista de la informática, tal y como se describe en Wikipedia, “una red informática peer-to-peer es una red que depende de la potencia de cálculo en los extremos de una conexión, en lugar de en la propia red. Las redes peer-to-peer se utilizan para compartir contenido de audio, vídeo, datos o

cualquier otro formato digital. La red peer-to-peer hace también referencia a la computación *grid*".

Conforme a esta definición, todos los nodos de una red peer-to-peer son iguales, al contrario de lo que ocurre con el modelo cliente-servidor. Todos los recursos se propagan y comparten entre los nodos que participan en la red: potencia de cálculo, ancho de banda, o capacidad de almacenamiento. Esto ofrece solidez al sistema dado que el fallo de un nodo de la red no afecta a la colaboración de los otros nodos, mientras que un fallo del servidor puede ser nefasto en un modelo cliente-servidor.

Además, la oferta de un servicio en una red peer-to-peer es mucho menos costosa que en un modelo cliente-servidor. De hecho, la oferta de un servicio a un gran número de usuarios en un modelo cliente-servidor, precisa el diseño de un servidor que pueda administrar las solicitudes de servicio de los usuarios finales. Para ello, y a diferencia de lo que ocurre en la red peer-to-peer donde todos los nodos de la red comparten los costes, es necesario disponer de un ancho de banda elevado, una eminente potencia de procesamiento y una gran capacidad de almacenamiento que permita el acceso a cada uno de los usuarios.

Es cierto que las redes peer-to-peer también plantean algunos inconvenientes. La localización de recursos en un red peer-to-peer puede ser bastante tediosa, mientras que el mecanismo de localización de recursos en un modelo cliente-servidor suele ser bastante simple al mantener toda la información centralizada. De ahí que algunas aplicaciones peer-to-peer utilicen servidores para la búsqueda de recursos en red (generalmente, Napster (1)). Ésta es una de las características utilizadas en la clasificación de las redes peer-to-peer.

#### Clasificación de las redes peer-to-peer

La creación de las redes peer-to-peer se sirve de distintos tipos de arquitecturas y lógicas internas. El diseño de estos sistemas permite su adaptación a los requisitos específicos de las redes sobre las que operan y a las características de las aplicaciones que los utilizan. Por ejemplo, algunas aplicaciones, como las comunicaciones en tiempo real, requieren la identificación rápida de un único nodo en una red de gran tamaño, mientras que otras, como las dedicadas al intercambio de archivos, se centran en la localización del mismo recurso en distintos nodos finales con el fin de recuperar el recurso más fehacientemente. De este modo, las superposiciones y aplicaciones peer-to-peer adoptan una amplia variedad de enfoques en la solución de los problemas específicos que desean abordar, clasificándose en función de los mismos.

Para la caracterización de las redes peer-to-peer, se pueden utilizar varios criterios. En primer lugar, podemos discriminar los sistemas peer-to-peer en función de la organización de los nodos. Cada uno de los nodos debería poder conectarse con otro nodo mediante un simple enfoque peer-to-peer. Para permitir el funcionamiento de una red de gran tamaño, existen distintas redes que adoptan determinados principios de organización. En esas redes, los nodos se organizan de forma conjunta con el fin de limitar el número de conexiones que

deben mantener y posibilitar el enrutamiento de los mensajes en red. Estos principios de organización suelen apuntar a la optimización de la red en función de los fines específicos de las aplicaciones.

Además, la red se puede discriminar conforme a la función que desempeñen los nodos en la misma. Lo ideal sería que un nodo fuera equivalente a los otros, aunque aparecieran discrepancias en algunas redes debido a que algunos nodos tuvieran más recursos disponibles o, por el contrario, no fueran capaces de operar en la red. Con el fin de solucionar este tipo de problemas, algunas redes peer-to-peer, como JXTA (2) o Skype (3), han abordado el concepto de los supernodos. Estos nodos son nodos específicos que contienen muchos más recursos que la mayoría de los otros pares. Los nodos de menor capacidad pueden delegar algunas operaciones específicas a estos pares. Asimismo, pueden desempeñar un papel más relevante en las operaciones de enrutamiento dado que suelen ser más estables en la red peer-to-peer, es decir, suelen estar presentes durante un periodo de tiempo más prolongado.

El mecanismo de búsqueda de recursos adoptado en la red peer-to-peer puede considerarse un criterio importante dado que la forma en la que los nodos localizan y acceden a los recursos compartidos dentro de la red es lo que permite su unificación. Éste es el principal problema que debemos confrontar al desplazar una aplicación de un modelo cliente-servidor a un modelo peer-to-peer, siendo los métodos de entrega la clave para el funcionamiento de estos sistemas descentralizados.

Estos tres criterios permiten definir cinco tipos de redes peer-to-peer (4): las redes de directorio, las redes de desbordamiento, las redes de tablas de hash distribuidas, las redes epidémicas y las redes sociales.

Las redes de directorio (Imagen: Directory.jpg) son redes peer-to-peer en las que los pares conectados registran los recursos que comparten en un directorio. Este directorio puede estar centralizado o distribuirse entre un conjunto de servidores o supernodos de directorio. En estas redes, la búsqueda de recursos se realiza interpelando al directorio, que también se puede utilizar para realizar operaciones de *bootstrapping* (arranque o proceso de inicio de cualquier equipo) en los pares que deseen conectarse a la red. Este tipo de red peer-to-peer, utilizado principalmente en aplicaciones peer-to-peer ya obsoletas como Napster, Emule (5) o Edonkey (6), es el más afín al modelo clásico cliente-servidor. La centralización del directorio constituye uno de los puntos débiles del sistema, que pertrechó el funcionamiento de Napster cuando se solicitó la interrupción de todas sus operaciones. Mientras que estos sistemas permitían a las redes peer-to-peer gozar de una mayor popularidad, las redes de desbordamiento encaraban sus debilidades.

Las redes de desbordamiento (Imagen: Flooding.jpg) surgen en un intento por eludir la relativa centralización de las redes de directorio. En estas redes, la búsqueda de recursos se realiza mediante el envío de mensajes a cada uno de los pares vecinos. Cuando un nodo recibe un mensaje, éste busca alguna coincidencia en sus propios recursos y, si no la encuentra, transmite este

mensaje a sus propios vecinos. Cuando un nodo encuentra un recurso que coincide con la solicitud, envía una respuesta al par que transmitió el mensaje para que la reciba el autor de la misma. Teniendo esta descripción como referencia, se puede evidenciar intuitivamente que este proceso genera muchos mensajes en la red. Además, un determinado nodo puede recibir la misma solicitud de varios vecinos. Éste es el principal inconveniente de las redes de desbordamiento. De hecho, estas redes no resultan eficaces debido a la gran sobrecarga de señalización, es decir, el número de mensajes enviados a través de la red para la búsqueda y administración de la misma es demasiado elevado en comparación con el tráfico útil. A pesar de este inconveniente, las redes de desbordamiento se han utilizado en las primeras versiones de la red Gnutella (7), ofreciendo buenos resultados ante la falta de alternativas más convincentes.

Las redes de tablas de hash distribuidas son unas de las redes peer-to-peer más eficaces hasta el momento. En estas redes, los pares se organizan de forma lógica. Esta organización utiliza un algoritmo de distribución de recursos basado en identificadores de recursos globales. Estos identificadores se calculan con funciones hash. Los nodos de la red se organizan en un anillo lógico, donde su ubicación viene conformada por su identificador hash. Cuando un recurso se comparte en la red, su ubicación recae bajo la competencia del nodo cuyo hash se encuentra más próximo al identificador hash del recurso. Siempre que un nodo quiera localizar este recurso, envía un mensaje en la red al nodo responsable utilizando un algoritmo de enrutamiento lógico. Los algoritmos detrás de estas redes no suelen ser tan simples como en los otros dos tipos de red, pero el uso de una organización lógica de la red agiliza las tareas de búsqueda y optimiza el funcionamiento de la red, evitando a los nodos el mantenimiento de tantas conexiones con los nodos vecinos como en los sistemas de desbordamiento. Además, estas redes pueden utilizar el concepto de los supernodos configurando redes lógicas paralelas que reúnan únicamente los nodos más fuertes para realizar determinadas operaciones, aunque utilizando el concepto más interesante de las redes de directorio. Una gran parte del trabajo de investigación del área peer-to-peer realizado en estas redes se aplica en proyectos de investigación tales como Chord (8) o Pastry (9), sistemas de comunicación peer-to-peer estandarizados, o aplicaciones nuevas como Azureus (10).

La aparición reciente de las redes epidémicas plantea otro enfoque a los problemas resueltos por las redes de tablas de hash distribuidas. De hecho, las redes epidémicas tienden a adoptar un enfoque aleatorio en la creación de una superposición de redes peer-to-peer. En estas redes, los pares tienden a organizarse para optimizar el uso de un determinado recurso (ancho de banda, potencia de cálculo...). Los pares no sólo intercambian con sus vecinos información sobre este recurso en la red, sino que también la intercambian con otros nodos seleccionados aleatoriamente que participan en la red. Esta selección aleatoria permite sortear puntos muertos o la disminución del rendimiento gracias a los vertiginosos y dinámicos cambios de la red. A pesar de que estas redes no se aplican en todos los sistemas, se están realizando

interesantes estudios dentro del marco de la aplicación Tribbler (11) o del proyecto BuddyCast (12).

Una red social es una red peer-to-peer en la que la conexión de los pares depende de un conocimiento previo de los otros pares. De hecho, estos pares se conectan porque se conocen entre ellos y desean compartir los recursos de su comunidad. La popularidad y difusión futura de estas redes dependerá del grado de confianza que exista entre los pares. Esta confianza permitirá abordar temas tales como la supervisión de la red peer-to-peer de los propietarios de los derechos de autor o personas que deseen reducir el intercambio de descargas ilegales en los sistemas peer-to-peer. No obstante, es posible que el intercambio de recursos de estas redes no resulte del todo eficaz teniendo en cuenta el tamaño de las comunidades en las que se comparten los recursos.

Aplicación de conceptos peer-to-peer en redes móviles.

Los grandes avances de las redes móviles en el ámbito del ancho de banda y las nuevas funciones de los dispositivos móviles como los asistentes digitales personales o los teléfonos móviles, han suscitado el desarrollo de aplicaciones peer-to-peer para dispositivos móviles. Conforme a nuestro punto de vista, los sistemas peer-to-peer móviles son sistemas donde los dispositivos móviles pueden colaborar con los dispositivos fijos sin la intervención de un servidor central. Estos sistemas puede conectarse espontáneamente mediante redes ad-hoc, o utilizar las redes móviles de los operadores de telecomunicaciones para conectar sistemas peer-to-peer en los que pueden colaborar con pares fijos.

Las redes ad-hoc móviles o MANETs son redes espontáneas que se establecen entre dispositivos inalámbricos sin la intervención de un enrutador. La organización de estas redes no depende de una topología predefinida y se pueden configurar durante un breve periodo de tiempo. Estas redes pueden ser independientes o conectarse a una red de mayor tamaño siempre y cuando exista un dispositivo que pueda compartir su conexión a dicha red. Las redes espontáneas que se establecen entre los dispositivos Bluetooth son un ejemplo perfecto de las redes ad-hoc. En estas redes, el enrutamiento de paquetes debe realizarse en el nodo final. El hecho de que dos nodos deban comunicarse indirectamente a través de varios hosts puede constituir un problema. Se han llevado a cabo una gran cantidad de estudios para esclarecer este problema y diseñado dos tipos de protocolos para las redes ad-hoc móviles. En las redes que utilizan protocolos de enrutamiento proactivo, cada uno de los hosts de la red registra las rutas que llegan a los otros hosts de la red. Como es de esperar, el enrutamiento proactivo no es escalable en redes que por definición son inestables. La utilización de un enrutamiento basado en vectores de distancia llevaría a una convergencia lenta del algoritmo de enrutamiento tras un cambio de red, y el enrutamiento de estado del vínculo precisaría un sinnúmero de cálculos en los hosts cada vez que se detectara un cambio en la red relacionado con la naturaleza de las redes ad-hoc. Los protocolos de enrutamiento reactivos son mucho más escalables. En este enfoque, sólo se establece una ruta cuando se estima necesario. Es posible que este proceso ralentice el establecimiento de una

conexión, pero los hosts no tienen que gestionar la administración de una tabla de enrutamiento.

Esas redes resultan interesantes en muchos aspectos, aunque el ámbito de las mismas sea bastante limitado. De hecho, a pesar de que las MANETs se encuentran en la mayoría de las redes urbanas, éstas no cooperan con los pares que se encuentran a una mayor distancia. La colaboración móvil con las redes peer-to-peer que utilizan las redes de datos 2G o 3G de los operadores de telecomunicaciones, ofrece la posibilidad de colaborar en redes más amplias. Este tipo de aplicación que utiliza redes de datos celulares, se ha beneficiado tanto del desarrollo de las UMTS o redes EDGE que ahora abarcan un área más amplia en la mayoría de países en los que operan, como de la evolución del modelo de precios para estas conexiones, que ahora resultan mucho más asequibles. Aparecen las ofertas de tarifa plana en los mercados de países con una fuerte competencia entre operadores móviles. Además, los dispositivos móviles disponen ahora de una capacidad de almacenamiento y potencia de cálculo suficiente para participar en redes peer-to-peer, así como de cámaras y micrófonos que les permiten producir y editar el contenido multimedia que pueden compartir en esas redes. No obstante, se plantean algunos problemas específicos relacionados con la colaboración de las redes peer-to-peer mediante la conectividad GPRS o UMTS IP.

Una gran parte de estos problemas se debe a la estructura de las redes celulares móviles y a las políticas de administración de redes adoptadas por la mayoría de los operadores de telecomunicaciones. En primer lugar, al considerar la arquitectura de las redes celulares móviles, UMTS, HSDPA o GPRS, podemos observar que disponen de una estructura piramidal. En el esquema (Imagen: GPRS Architecture.jpg) siguiente, los dispositivos móviles se conectan a un nodo-B o a una estación base (BTS), pero los datos adoptan la forma de un datagrama IP habitual en la interfaz entre la SGSN y la GGSN. Todo esto afecta dado que el tráfico y la señalización no pueden tomar atajos cuando un par móvil intenta conectarse a un par que recae bajo la competencia del mismo nodo-B o BTS. Además, los pares móviles no pueden difundir mensajes en estas redes y, por tanto, este tipo de mensajes no se pueden utilizar en operaciones de *bootstrapping* (arranque o proceso de inicio de cualquier equipo) o búsqueda. En las redes móviles, el establecimiento por parte de un determinado par móvil de una conexión de datos con un red IP, supone un recurso costoso para los operadores de redes móviles, limitando el uso de algunos protocolos o métodos de transporte en sus redes. Con el fin de abordar estas limitaciones, los sistemas peer-to-peer deben primero ser eficaces y evitar el envío de tantos mensajes de búsqueda o mantenimiento de la red para minimizar su rastro. De este modo, el mecanismo de búsqueda y la arquitectura de la red peer-to-peer debe adaptarse a esta limitación. Además, con el fin de facilitar su acceso a redes en las que la traducción de direcciones de red se suele realizar de forma bastante efímera, los pares móviles deben actualizar la conexión con sus vecinos de forma periódica para que sepan cómo ponerse en contacto con ellos. Incluso aunque la capacidad de los dispositivos móviles sea superior que en años anteriores, estos dispositivos suelen tener una potencia inferior a las estaciones de trabajo fijas

que pueden participar en los mismos sistemas peer-to-peer. Por ejemplo, el funcionamiento de estos pares móviles en la red peer-to-peer tiene un coste energético y reduce la vida de la batería de estos dispositivos debido al gran uso de las conexiones de datos.

El concepto de supernodo nos permite abordar algunos de estos problemas. De hecho, en las redes peer-to-peer fijas-móviles, los pares móviles podrían colaborar con un par fijo en operaciones tediosas como la búsqueda de recursos en red o el mantenimiento de la conectividad del par móvil mediante el sistema de traducción de direcciones de red del operador. Si el operador móvil limita el uso de algunos protocolos, el par fijo puede responsabilizarse igualmente de las operaciones de traducción de protocolos de red. De este modo, los pares fijos realizan todas aquellas operaciones obstaculizadas por la estructura de la red de datos móvil o políticas de administración. Posteriormente, estos pares proporcionan al par móvil la capacidad de interactuar con los otros pares de la red. Éstos se deberían seleccionar conforme a un mecanismo automático basado en la estabilidad de la red o en la cantidad de recursos disponibles que comparten. Como hemos visto anteriormente, este concepto de supernodo se encuentra disponible tanto en redes centralizadas como en redes de tablas de hash distribuidas. Dada la naturaleza menos centralizada de las redes de tablas de hash distribuidas, este tipo de sistemas se adapta especialmente a la aplicación de los sistemas peer-to-peer en un entorno de redes de datos celulares móviles.

Un experimento especialmente interesante, de entre todos los relacionados con los sistemas peer-to-peer móviles, podría ser JXME. JXME (13) son las siglas de JXTA Edición Móvil. Es un proyecto de JXTA, un marco peer-to-peer de código abierto patrocinado por Sun que implementa una amplia gama de mecanismos de búsqueda y administración de redes para configurar sistemas peer-to-peer de gran tamaño. JXME se beneficia de los protocolos diseñados por la comunidad JXTA para configurar una capa de redes virtuales sobre la red GPRS o UMTS, sirviéndose de la capacidad de los dispositivos móviles para utilizar el conjunto de protocolos TCP/IP con ligeras modificaciones. Se han desarrollado dos versiones de JXME. La primera versión se conoce como la versión de un servidor proxy, dado que los pares JXME debían utilizar un par de relé fijo para obtener acceso a los servicios de la red JXTA. El relé, que debía configurarse manualmente, actuaba en nombre del par móvil para el envío de consultas a la red y recorte de los anuncios recibidos. El desarrollo de la primera versión de JXME fue interrumpido tras la publicación de la definición del conjunto de protocolos JXTA 2.0. En la actualidad, la comunidad JXME intenta desarrollar una versión de la plataforma JXME sin proxy. Esta plataforma será compatible con los hosts fijos que ejecuten JXTA 2.0. Se espera que los hosts móviles que ejecuten la segunda versión de JXME, faciliten la recepción de mensajes en formato binario así como en formato XML, dado que JXME incorporará un analizador XML. Además, éstos no deberían utilizar ningún relé configurado estáticamente para realizar operaciones en la red JXTA y, por tanto, deberían ser capaces de propagar sus propios anuncios. Este proyecto, aunque interesante, carece de aplicación en el mundo real. No obstante, la utilización del concepto de

supernodo y la adopción de java como un lenguaje de programación, lo convierten en un proyecto perfecto para la experimentación de los sistemas peer-to-peer móviles e híbridos.

### Aplicaciones de los sistemas peer-to-peer móviles

En los últimos años, muchos desarrolladores han implementado clientes móviles en los sistemas peer-to-peer de intercambio de archivos más conocidos, como es el caso de Gnutella o Bittorrent (14). Los resultados de estos clientes no han sido del todo satisfactorios debido a un uso poco eficaz de la conectividad de la red y a su elevado consumo posterior. Las tecnologías peer-to-peer permiten un uso más inteligente que favorece la utilización de los dispositivos móviles más conocidos.

En primer lugar, los sistemas peer-to-peer se pueden utilizar en la configuración de aplicaciones que colaboran en tiempo real. La comunicación puede ser o bien el objetivo principal de estas aplicaciones, como ocurre con Skype, o un capacitador que sirve a un fin distinto. Por ejemplo, los sistemas peer-to-peer móviles se pueden utilizar en juegos para varios jugadores donde los distintos participantes pueden intercambiar información relativa a su posicionamiento y acciones. En esas aplicaciones, la comparación del uso de sistemas peer-to-peer con el clásico enfoque cliente-servidor reduce significativamente la carga del servidor y la demora en la transmisión del mensaje, decisiva en aplicaciones de colaboración en tiempo real. Los sistemas peer-to-peer han demostrado ser más escalables dado que se adaptan mejor al número de pares conectados según el diseño.

Además, los dispositivos móviles pueden utilizar los sistemas peer-to-peer en el intercambio de contenido que producen con otros. De hecho, los dispositivos móviles pueden considerarse ahora criterios de valoración de la producción de contenido multimedia ya que incluyen una cámara y un micrófono. Además, esos dispositivos contienen una gran cantidad de contenido multimedia personal (imágenes personales, música...) que los usuarios pueden compartir con su comunidad. Asimismo, estos dispositivos pueden transmitir contenido audiovisual en directo. En Internet, una amplia gama de servicios como Qik (15), ofrece a los usuarios la posibilidad de transmitir medios a su comunidad, aunque de forma centralizada. Al contrario de lo que ocurre con las plataformas que comparten contenido centralizado y que requieren el mantenimiento de una infraestructura de almacenamiento de contenido o acceso a la transmisión móvil de contenido, estos servicios se pueden plantear como peer-to-peer, es decir, como meros servicios de software. Estos sistemas peer-to-peer se conocen como servicios de multidifusión de capas de aplicación porque imitan el funcionamiento de las redes de multidifusión al transmitir su contenido entre pares.

Asimismo, los móviles se pueden utilizar como fuentes de información contextual. Esta información no sólo abarca la ubicación, sino también el uso local del dispositivo (en una llamada telefónica, en silencio...), una agenda o lista de contactos de la libreta telefónica. Esta información se puede utilizar en una gama más amplia de servicios contextuales, creando una plataforma social para

las plataformas de información local de la comunidad. A pesar de que el uso de esta información plantea algunos problemas relacionados con la privacidad y la seguridad, las redes peer-to-peer solucionan la mayoría de los problemas derivados del almacenamiento de esta información en una plataforma centralizada. De hecho, si la información no se comparte a través de una plataforma centralizada, esta información global no se podrá recopilar con la supervisión del servicio en un punto central y los usuarios deberán supervisar su propia información contextual.

Estos principios también son de aplicación en la información personal más estática. Dado que la mayoría de los usuarios mantienen una relación muy especial con sus dispositivos y no la comparten con otros usuarios, al contrario de lo que ocurre con los equipos fijos, podemos valorar estos dispositivos como marcas personales que contienen información sobre el usuario. Por lo tanto, los dispositivos móviles pueden considerarse depósitos de datos personales en los que los usuarios disponen de un control total sobre todo aquello que desean compartir con otros. Disponemos de varios ejemplos de aplicaciones que permiten el intercambio de dicha información tanto en el mundo de los dispositivos fijos como en el de los móviles, con proyectos tales como Opera Unite (16) o el servidor web para Móviles de Nokia (17), aunque estas iniciativas dependen de los servicios facilitados por Nokia u Opera para la localización de usuarios. Esos servicios podrían beneficiarse de los sistemas peer-to-peer y descentralizar el servicio de búsqueda. De este modo, el correcto funcionamiento de estos servicios no dependería de un pequeño conjunto de nodos centrales. Además, estos servicios podrían utilizarse como un servidor de base de datos para los servicios de las redes sociales. Por consiguiente, todos los datos compartidos de estos servicios estarían ubicados en las premisas de los usuarios y controlados por los mismos. Este enfoque de sistemas peer-to-peer es contrario a la tendencia existente hacia una computación nebulada global, en la que todos los datos se envían a los servidores de la red y los sistemas descentralizados ofrecen una respuesta original a la mayoría de problemas relacionados con la portabilidad de los datos y la privacidad del usuario en estos servicios nebulados.

## Conclusión

En este artículo, hemos descrito los sistemas peer-to-peer desde un punto de vista técnico, así como su aplicación en las redes móviles. A pesar de que son muy pocas las aplicaciones que utilizan estos conceptos, el potencial de los sistemas peer-to-peer móviles nos permite prever una amplia gama de aplicaciones de propuesta de servicios sociales que se benefician de la naturaleza descentralizada de estas redes. Además, los sistemas peer-to-peer podrían suponer una alternativa verdaderamente interesante a la creación de servicios de redes sociales que incluyan información relativa a los usuarios bajo su propio control y responsabilidad.

## Referencias

- (1) Napster: <http://www.napster.com/>
- (2) JXTA: <https://jxta.dev.java.net/>
- (3) Skype: <http://www.skype.com/>
- (4) *Pair-à-Pair: Architectures et Services*, Fabrice le Fessant (en francés)  
<http://www.forumatena.org/presentations/FabriceLeFessant.pdf>
- (5) Emule: <http://www.emule-project.net/>
- (6) Edonkey: [http://en.wikipedia.org/wiki/EDonkey\\_network](http://en.wikipedia.org/wiki/EDonkey_network)
- (7) Gnutella: <http://www.the-gdf.org/>
- (8) Chord: <http://pdos.csail.mit.edu/chord/>
- (9) Pastry: <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/antr/Pastry/>
- (10) Azureus: <http://azureus.sourceforge.net/>
- (11) Tribbler: <http://www.tribler.org/>
- (12) Buddycast: <http://www.jet.net/buddycast/>
- (13) JXME (JXTA para J2ME): <https://jxta-jxme.dev.java.net/>
- (14) Bittorrent: <http://www.bittorrent.com/>
- (15) Qik: <http://www.qik.com/>
- (16) Opera Unite: <http://unite.opera.com/>
- (17) Servidor web para Móviles de Nokia :  
<http://opensource.nokia.com/projects/mobile-web-server/>