



Escola Politècnica Superior  
de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

# TRABAJO FINAL DE CARRERA

**TÍTULO DEL TFC:** Mecanismos de descubrimiento de gateways adaptativos para redes ad hoc conectadas a redes fijas

**TITULACIÓN:** Ingeniería Técnica de Telecomunicaciones, especialidad Telemática

**AUTORES:** Carles Orozco Felip  
Cristian Martín Mendoza

**DIRECTOR:** Mari Carmen Domingo Aladrén

**FECHA:** 19 de diciembre de 2007



**Título:** Mecanismos de descubrimiento de gateways adaptativos para redes ad hoc conectadas a redes fijas

**Autores:** Cristian Martín Mendoza  
Carles Orozco Felip

**Director:** Mari Carmen Domingo Aladrén

**Fecha:** 19 de diciembre de 2007

## Resumen

La gran evolución que han sufrido las comunicaciones en los últimos años y la necesidad surgida de estar conectado en cualquier momento y en cualquier lugar, ha permitido que las redes inalámbricas tomen un papel relevante en las comunicaciones actuales, permitiendo movilidad y conectividad permanentes.

En este TFC nos centraremos en el estudio, análisis y simulación de las redes ad hoc conectadas a una red fija a través de gateways. Analizaremos los tres mecanismos de descubrimiento de gateways que se utilizan actualmente para las comunicaciones en las redes ad hoc. Presentaremos un nuevo protocolo de descubrimiento de gateways que mejora el rendimiento y la eficiencia de la red y añadiremos una nueva variante, derivada de este nuevo protocolo, ideada por nosotros.

Con estas nuevas propuestas se consigue añadir QoS (Quality of service, calidad de servicio), inexistente en los protocolos actuales, priorizando el tráfico de las aplicaciones de tiempo real (VoIP) frente al resto de flujos de la red.

Para obtener los datos necesarios sobre el comportamiento de estos nuevos protocolos, se ha optado por utilizar el programa de simulación de redes NS (Network Simulator). En estas simulaciones se ha comparado el comportamiento del protocolo de descubrimiento de gateways híbrido, con el protocolo propuesto y con nuestra variante.

Analizando los resultados de las simulaciones vemos que el comportamiento del protocolo propuesto y de nuestra variante mejoran la eficiencia de la red ad hoc conectada a la red fija.

Por último, se han seguido los pasos necesarios para presentar una solicitud de patente en la Oficina Española de Patentes y Marcas, del protocolo de descubrimiento de gateways presentado y nuestra variante.

**Title:** Adaptative gateway discovery algorithms for ad hoc networks connected to fixed networks

**Authors:** Cristian Martín Mendoza  
Carles Orozco Felip

**Director:** M.Carmen Domingo Aladrén

**Date:** December, 19th 2007

## **Overview**

Due to the enormous evolution that communications have experienced lately and due to the need to be connected everytime everywhere, wireless networks have reached an important position in our world, allowing permanent mobility and connectivity.

In this TFC we will focus on the study, analysis and simulation of the ad hoc networks connected to a fixed network through gateways. We will analyse the three mechanisms for gateway discovery that are used nowadays for communications in ad hoc networks. We will introduce a new protocol for gateway discovery that improves the performance and efficiency of the network, and we will contribute with a new variation, derived from this protocol created by us.

With the new proposals we manage to add QoS (Quality of Service), which is nonexistent in current protocols, thus giving priority to traffic from realtime applications (VoIP) versus the rest of network flows.

In order to obtain the necessary data about the behaviour of these new protocols, we have chosen to use the network simulation programme Network Simulator. With these simulations we have compared the performance of the hybrid gateway discovery protocol versus the proposed protocol and our variation.

In the analysis of the simulation results we have observed that the behaviour of the proposed protocol and our variation improves the efficiency of the ad hoc network connected to the fixed network.

Finally, we introduce which are the necessary steps to apply for a patent of the presented gateway discovery protocol and our variation patent in the Spanish Office for Patents and TradeMarks.

*“Los errores son inevitables, lo que importa es como respondemos ante ellos”*

Quisiéramos agradecer la paciencia, apoyo, ayuda y orientación mostrada por nuestra tutora Mari Carmen Domingo Aladrén sin los cuales nada de esto hubiera sido posible. Gracias

A nuestras familias por la comprensión mostrada.



# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1. REDES INALÁMBRICAS .....</b>	<b>3</b>
1.1 Introducción a las redes inalámbricas .....	3
1.2 Redes ad hoc .....	5
1.3 Interconexión entre una red ad hoc y una red fija .....	6
<b>CAPÍTULO 2. PROTOCOLOS DE DESCUBRIMIENTO DE GATEWAYS EN REDES AD HOC .....</b>	<b>9</b>
2.1 Protocolo de descubrimiento de gateways proactivo .....	9
2.2 Protocolo de descubrimiento de gateways reactivo .....	11
2.3 Protocolo de descubrimiento de gateways híbrido .....	12
2.4 Mecanismos de descubrimiento de gateways presentados .....	13
2.4.1 Provisión de calidad de servicio en redes ad hoc .....	13
2.4.2 Propuesta del protocolo de calidad de servicio para redes ad hoc conectadas a redes fijas .....	14
2.4.3 Variante del protocolo de calidad de servicio para redes ad hoc conectadas a redes fijas .....	17
<b>CAPÍTULO 3. SIMULACIONES .....</b>	<b>19</b>
3.1 Introducción a la simulación mediante NS .....	19
3.2 Escenario de la simulación .....	20
3.3 Gráficas .....	21
3.3.1 Retardo extremo a extremo del tráfico VoIP en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc .....	22
3.3.2 Jitter del tráfico VoIP en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc .....	23
3.3.3 Throughput del tráfico Best-Effort o CBR en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc .....	24
3.3.4 Overhead de los paquetes de control en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc .....	25
3.3.5 Tasa de entrega de paquetes VoIP en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc .....	27
3.3.6 Retardo extremo a extremo del tráfico VoIP en función del intervalo .....	28
3.3.7 Jitter del tráfico VoIP en función del intervalo .....	29
3.3.8 Throughput del tráfico Best-Effort o CBR en función del intervalo .....	29
3.3.9 Overhead de los paquetes de control en función del intervalo .....	30
3.3.10 Tasa de entrega de paquetes VoIP en función del intervalo .....	31
3.4 Conclusiones .....	32
<b>CAPÍTULO 4. PATENTE DEL PROTOCOLO .....</b>	<b>34</b>

<b>4.1. ¿Que es una patente?</b> .....	<b>34</b>
<b>4.2 Tipos de patentes</b> .....	<b>35</b>
4.2.1 La vía PCT .....	36
4.2.2 La vía Europea .....	36
4.2.3 Creación de nuestra propia patente .....	36
4.2.3.1 Fases del procedimiento.....	37
4.2.3.1.1 Etapas comunes a los dos procedimientos de concesión.....	38
4.2.3.1.2 Continuación por el procedimiento general de concesión.....	40
4.2.3.1.3 Continuación por el procedimiento de concesión con examen previo.....	41
 <b>IMPACTO MEDIOAMBIENTAL</b> .....	<b>44</b>
 <b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>45</b>
 <b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>46</b>
 <b>ANEXOS</b> .....	<b>47</b>



# INTRODUCCIÓN

En los últimos años las redes de área local inalámbricas (WLANs, Wireless Local Area Networks) han ganado mucha popularidad, que se ha visto acrecentada conforme sus prestaciones han ido aumentando y se han desarrollado nuevas aplicaciones para ellas.

Las WLAN permiten a los usuarios acceder a información y recursos en tiempo real, sin la necesidad de estar conectados físicamente en un lugar determinado.

La característica principal de la WLAN es la eliminación de la necesidad de usar cables, hecho que conlleva que las redes que se forman a partir de esta tecnología dispongan de mucha movilidad. Esta flexibilidad es utilizada por las empresas para aumentar la productividad y eficiencia y porque no decirlo, abaratar costes.

Pero no solamente encontramos utilidad para las empresas, sino que su uso se extiende a ámbitos públicos, en áreas metropolitanas, como medio de acceso a Internet masivo o para cubrir zonas de alta densidad de usuarios, como por ejemplo las redes de tercera generación (3G).

Ya es una realidad que muchos de los fabricantes de ordenadores y dispositivos de comunicaciones como las PDA (Personal Digital Assistant), módems, móviles, etc, introducen en sus productos aplicaciones específicas para las redes inalámbricas, haciendo posible una gran interactividad entre diferentes equipos.

Las posibilidades que ofrecen las redes inalámbricas, como la fácil incorporación de usuarios en la red, el bajo coste de las instalaciones y la posibilidad de transmitir y recibir voz, datos o vídeo, ya sea dentro de edificios o al aire libre, en general, en cualquier lugar, han hecho que las redes inalámbricas vayan ganando terreno frente a las redes cableadas.

En definitiva, su uso ya no es una visión futurista sino que ya es una realidad muy presente en el día a día de nuestras vidas.

En este TFC nos centraremos en un tipo particular de redes inalámbricas, las redes ad hoc. Las redes ad hoc son redes inalámbricas móviles, donde todos sus dispositivos se conectan entre sí salto a salto, es decir, sin necesidad de una administración central.

Veremos como las redes ad hoc se conectan mediante unos puntos de enlace (*gateways*) a las redes fijas, como por ejemplo puede ser Internet, y los mecanismos que utilizan dichas redes para encontrar la mejor ruta y encaminar, por éstas, su información hacia las redes fijas.

La aparición de aplicaciones que requieren que su información sea transmitida en tiempo real, con unos niveles de calidad muy exigentes, como por ejemplo las videoconferencias o la telefonía a través de Internet (VoIP, Voice over IP, voz sobre IP), hace que en este trabajo pongamos especial énfasis a la

provisión de calidad de servicio (QoS) para dichas aplicaciones en las redes ad hoc conectadas a las redes fijas.

Analizaremos y simularemos un mecanismo que implementa QoS dando prioridad a los tráficos que más lo necesiten, hecho que ayuda a descongestionar este tipo de redes para que las aplicaciones en tiempo real mejoren su eficiencia de forma notable.

## **Objetivo**

Los principales objetivos de este TFC son el análisis de un nuevo mecanismo de descubrimiento de gateways para las redes ad hoc conectadas a redes fijas y la propuesta de un nuevo mecanismo, variante del mecanismo anterior.

Una vez analizados los dos mecanismos los compararemos con los mecanismos que se implementan en la actualidad y sacaremos conclusiones sobre que mecanismo es más eficiente para las aplicaciones en tiempo real que funcionan sobre redes ad hoc conectadas a redes fijas.

Hemos fragmentado el proyecto en varios puntos, para entender el funcionamiento de este tipo de redes, sus protocolos, sus características, y finalmente llevar a cabo nuestros objetivos. Los puntos son los siguientes:

- Estudio de las redes ad hoc
- Estudio de los diferentes mecanismos de descubrimiento de gateways de redes ad hoc que existen en la actualidad.
- Estudio de un nuevo protocolo de descubrimiento de gateways con provisión de QoS.
- Propuesta y estudio de una nueva variante basada en protocolo anterior.
- Simulación de los protocolos de descubrimiento de gateways híbrido, adaptativo y nuestra variante.
- Comparación de los resultados de las simulaciones y conclusiones.
- Realización de la patente de los protocolos propuestos.

# CAPÍTULO 1. REDES INALÁMBRICAS

## 1.1 Introducción a las redes inalámbricas

Consideramos una red inalámbrica como aquel conjunto de dispositivos móviles o no móviles que se comunican entre sí mediante ondas electromagnéticas.

La utilización de este tipo de tecnología sin hilos aporta un conjunto de ventajas respecto a la tecnología tradicional del cable:

### **Accesibilidad y flexibilidad**

Las comunicaciones sin hilos llegan a lugares donde los cables no tienen acceso.

### **Coste**

La no necesidad de disponer de cableado nos ahorra los costes derivados de la instalación de cableado y de los cambios que supone en el entorno físico.

### **Movilidad y comodidad**

Las comunicaciones sin cables permiten acceder a la información en tiempo real en cualquier lugar del mundo aún estando en movimiento.

### **Escalabilidad**

Las comunicaciones sin cables se adaptan fácilmente a los cambios de la topología de la red que en este tipo de redes suelen ser bastante habituales. Este tipo de redes permitirá el incremento del número de dispositivos conectados a la misma.

A pesar de estas ventajas, las comunicaciones inalámbricas también presentan algunos inconvenientes que tendremos que tener en cuenta, como por ejemplo:

### **Capacidad de transferencia limitada**

El espectro electromagnético es un recurso limitado cuyas tasas de transferencia aún no se pueden equiparar a las tasas de transmisión logradas para el cable.

### **Calidad**

Las comunicaciones inalámbricas se ven afectadas por interferencias y ruidos producidos por elementos naturales u otros elementos.

### **Seguridad**

El espectro electromagnético es un medio donde cualquier persona puede acceder a la información sin ningún tipo de limitación física.

En la actualidad existen varias tecnologías de transmisión inalámbrica, las cuales se aplican para determinados usos como por ejemplo las tecnologías *Bluetooth*, *IrDA* (infrarrojos), *GSM*, *UMTS*, etc.

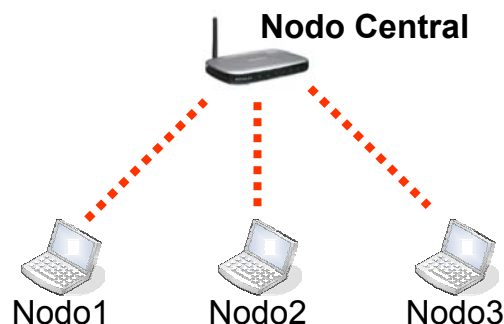
No obstante la tecnología más conocida es la *WIFI*, publicada bajo el estándar 802.11. Ésta ha variado a lo largo de los años y se han producido varios cambios y actualizaciones en sus estándares como por ejemplo: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, etc. los cuales trabajan a distintas velocidades y distintos rangos de frecuencia.

Según la topología y la forma en que se comunican los nodos de una red inalámbrica podemos clasificar este tipo de redes en dos grandes grupos:

- Centralizadas o basadas en infraestructura (Fig.1.1)
- Distribuidas o sin infraestructura (Fig.1.2)

### Redes centralizadas

Las redes centralizadas se distinguen por el uso de nodos centrales que son imprescindibles para las comunicaciones de la red. Estos nodos centrales regulan las transmisiones de datos y controlan cualquier comunicación, entre diferentes nodos que se establezca dentro de la red, que siempre pasará por el nodo central, el cual gestionará la información y se asegurará que dicha información llegue a su destino ya sea dentro de su rango de servicio o fuera de su rango poniéndose en contacto con otro nodo central.



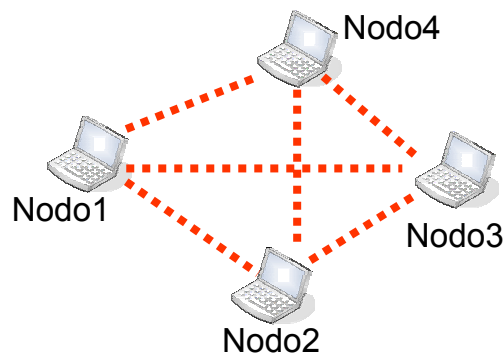
**Fig.1.1** Red centralizada

Un ejemplo muy claro de este tipo de redes es la comunicación entre teléfonos móviles los cuales para establecer una comunicación previamente se conectarán a una estación base, la cual los pondrá en contacto.

### Redes distribuidas

Este tipo de redes no requiere de ningún nodo que actúe como nodo central, ya que los nodos se comunican directamente entre sí.

Presentan una estructura más dinámica y flexible que permite prescindir de un administrador de red central debido a la propia auto-configuración de sus nodos.



**Fig.1.2** Red descentralizada

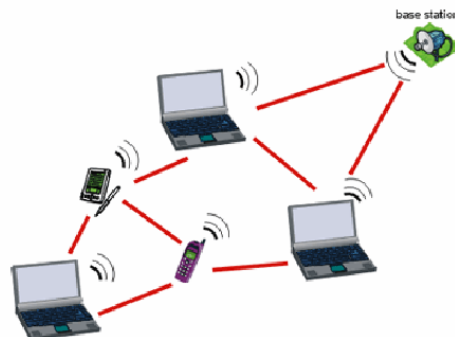
Este tipo de redes puede ser útil en lugares donde sea necesario el establecimiento de comunicaciones en situaciones donde se requiera un despliegue rápido como por ejemplo en catástrofes naturales.

Un ejemplo de este tipo de redes también son, por ejemplo, las redes ad hoc.

## 1.2 Redes ad hoc

Una red ad hoc es una red de área local independiente formada por dos o más dispositivos móviles que no necesitan para su comunicación de una infraestructura de red preexistente con lo cual no es necesaria la presencia de cables, routers fijos y estaciones base.

La comunicación en una red ad hoc se produce entre diferentes dispositivos móviles independientes (Véase la Fig. 1.3), aunque también podemos tener conectividad entre los dispositivos móviles de la red ad hoc y dispositivos conectados a una red fija.



**Fig.1.3** Ejemplo de red ad hoc

La estructura de las redes ad hoc es ampliamente variable debido a la movilidad de los dispositivos que la forman, permitiendo así tener una topología de red flexible y escalable en función de las necesidades del usuario. Debido a esta variación constante de la topología de la red, una característica fundamental de las redes ad hoc es la auto configuración de sus dispositivos que permite prescindir de un administrador de red.

Otra de las ventajas que introduciría una red ad hoc es la robustez que ofrece su estructura, ya que el fallo, de uno o más de sus dispositivos, no afecta a los servicios de la red.

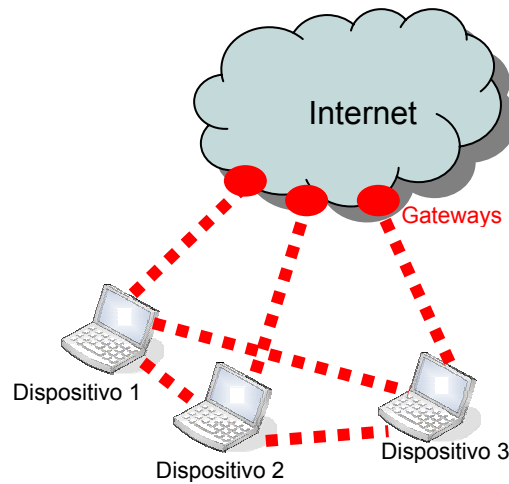
Una red ad hoc puede estar formada por gran variedad de nodos. Cada nodo puede llegar a tener un alcance radio capaz de cubrir una distancia de 30 a 100 metros de radio en interiores o de 100 a 300 metros en zonas exteriores.

Las características de las redes ad hoc permiten que dos nodos puedan comunicarse entre sí mediante nodos intermedios, aunque ambos no se encuentren dentro de su alcance radio. La función de estos nodos intermedios, será encaminar los paquetes al destino. Este tipo de comunicación se llama multi-salto.

Por su parte, la ausencia de cable introduce desventajas, ya que el medio radio es un medio hostil para las comunicaciones inalámbricas. Nos encontramos con problemas añadidos respecto a una red con soporte físico. Por ejemplo, la limitación del ancho de banda de transmisión, que en este caso será menor que con cable, la presencia de interferencias en el canal producidas por distintos elementos que pueden llegar a producir pérdidas, atenuaciones, fading, ruido, etc. y la variación y modificación constante de la estructura de la red producida por la movilidad de los dispositivos que la forman.

### **1.3 Interconexión entre una red ad hoc y una red fija**

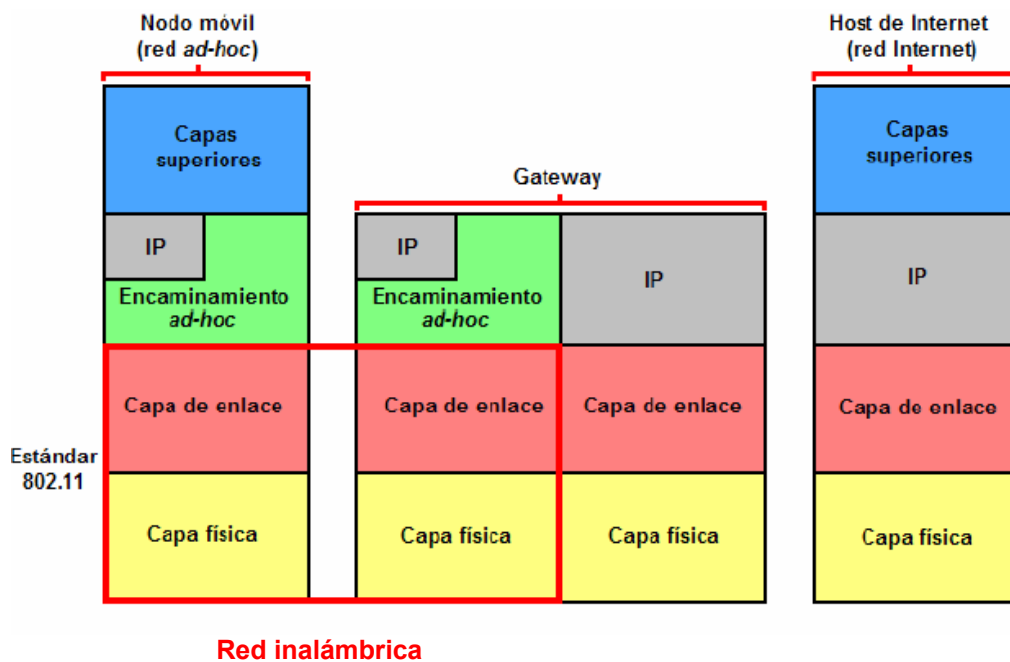
Como hemos visto en el apartado anterior, los dispositivos móviles de una red ad hoc se pueden comunicar con los dispositivos de una red fija. Para poder establecer esta comunicación es necesaria la presencia de unos dispositivos llamados gateways (Véase la Fig. 1.4).



**Fig. 1.4** Interconexión red ad hoc y red fija

Un gateway, como su nombre indica, es una puerta de enlace que intercomunica dos tipos de redes distintas, en este caso una red ad hoc y una red fija.

Para poder establecer comunicación, los dispositivos, enviarán los paquetes al gateway que se encargará de hacer la conversión de la pila de protocolos de la red ad hoc a la pila de protocolos de la red fija y viceversa. Las pilas de protocolos utilizadas por los distintos dispositivos que forman parte de esta comunicación se ven ilustrados en la siguiente figura (Fig. 1.5).



**Fig. 1.5** Pila de protocolos utilizados por los distintos dispositivos

A continuación veremos los tipos de protocolos que se utilizan en las redes ad hoc para el descubrimiento de gateways que permitirán a los dispositivos de la red ad hoc conectarse con dispositivos de la red fija.

En función del protocolo escogido, el intercambio de mensajes para poder interconectar la red ad hoc a una red fija será distinto.



## CAPÍTULO 2. PROTOCOLOS DE DESCUBRIMIENTO DE GATEWAYS EN REDES AD HOC

En las comunicaciones que se establecen entre una red ad hoc y una red fija siempre intervienen los gateways, que actúan como puerta de enlace entre estas dos redes. En general las condiciones cambiantes de este tipo de redes implican que los dispositivos móviles no siempre utilicen el mismo gateway para interconectarse a una red fija. En este apartado veremos como un nodo de una red ad hoc descubre la ubicación y la dirección del gateway más adecuado para sus condiciones para usarlo como ruta por defecto para poder enviar paquetes a una red fija como internet.

Los tres protocolos de descubrimiento de gateways existentes en la actualidad son el proactivo, el reactivo y el híbrido.

### 2.1 Protocolo de descubrimiento de gateways proactivo

En este caso, el mecanismo de descubrimiento de gateways, es iniciado por el propio gateway. Los gateways envían mensajes broadcast GWADV (“Gateway Advertisement”) (Figura 2.1) dentro de la red ad hoc, anunciando sus servicios y su dirección IP. Estos mensajes se envían de forma periódica cuando expira el timer “ADVERTISEMENT INTERVAL”. Todos los nodos de la red ad hoc que están dentro del rango de transmisión del gateway recibirán el mensaje.

TYPE	RESERVED	PREFIX SZ	HOP COUNT
RREQ ID			
DESTINATION IP ADDRESS			
DESTINATION SEQUENCE NUMBER			
ORIGINATOR IP ADDRESS			
LIFETIME			

**Fig. 2.1** Formato de los mensajes de advertencia GWADV

Los campos del mensaje GWADV son los siguientes:

*Prefix Size:* Si es distinto de cero, los 5 bits indican al siguiente salto que puede usarse para cualquier nodo con el mismo prefijo que el origen que solicita el destino.

*Hop Count:* El número de saltos entre la IP origen y la IP destino.

*RREQ ID*: Identificador de RREQ, que juntamente con la IP origen, evitan duplicados.

*Destination IP Adress*: La dirección IP del destino para el que se desea una ruta.

*Destination Sequence Number*: El último número de secuencia recibido por el origen para cualquier ruta de destino.

*Originator IP Adress*: Dirección IP origen que ha originado el Route Request.

*Lifetime*: El tiempo, en milisegundos, que tienen los nodos que reciben la RREP para examinar si la ruta es válida.

Los nodos que reciban el GWADV y los que no tengan una ruta establecida para ese gateway, crean una entrada en su tabla de enrutamiento para esta ruta. En el caso del que el nodo ya contenga una ruta creada para dicho gateway, lo único que hará será actualizar esa ruta en su tabla de enrutamiento.

En el siguiente paso, los nodos reenvían el mensaje recibido a otros nodos que se encuentren dentro de su rango de transmisión. El número de retransmisiones de este mensaje están limitadas, para evitar congestionar la red. Esto tiene un inconveniente y es que se reciben muchos mensajes duplicados de GWADV.

Para solucionar el problema de los mensajes duplicados el nodo que recibe un GWADV mira si contiene la misma dirección IP origen y RREQ ID que otro mensaje recibido anteriormente. Si los campos coincidieran, el nodo descartaría este mensaje y no lo retransmitiría. En el caso que no coincidiera, el mensaje sería retransmitido.

Aunque el problema de recibir mensajes duplicados puede solucionarse, existe una desventaja persistente, y es que la red ad hoc es inundada periódicamente por estos mensajes, hecho que limita los recursos de la red, como por ejemplo el ancho de banda y la energía.

Si un nodo recibe un mensaje GWADV de otro gateway diferente al que esta conectado y que le ofrece una ruta mejor, puede decidir cambiarse y conectarse al nuevo gateway.

En definitiva, podemos decir que este mecanismo de descubrimiento de gateways, operará en redes en las cuales se necesite que el procedimiento de descubrimiento de ruta no tenga una latencia excesiva y se pueda asumir el funcionamiento de un protocolo de este tipo, penalizando el consumo de recursos como por ejemplo, el ancho de banda. Además este protocolo permite tener la información de encaminamiento actualizada periódicamente para cada nodo de la red.

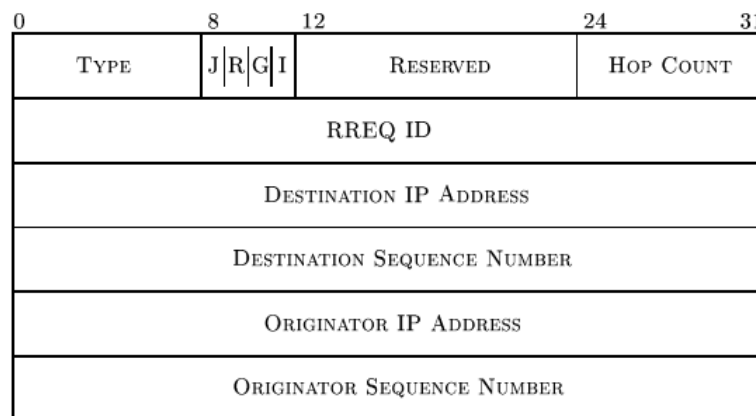
## 2.2 Protocolo de descubrimiento de gateways reactivo

En este protocolo, es el propio nodo o dispositivo móvil de la red ad hoc quien inicia el mecanismo de descubrimiento de gateways.

El nodo envía un mensaje RREQ\_I (route request extendido) (Figura 2.2) en modo broadcast a la dirección IP del grupo de todos los gateways de la red ad hoc.

Los mensajes RREQ\_I son iguales que los RREQ donde el flag extendido I (Internet-Global Address Resolution Flag) se usa para la resolución global de direcciones. Este flag se usa para diferenciarse de los mensajes de control RREQ y RREP utilizados para el descubrimiento de rutas dentro de la propia red ad hoc.

Solo los nodos a los que vaya dirigido el mensaje RREQ\_I lo procesarán. Así, por ejemplo, un nodo intermedio que reciba RREQ\_I no lo procesará y lo reenviará en modo broadcast. Actuando de esta manera hasta que el mensaje encuentre su destinatario, que en este caso será un gateway.



**Fig. 2.2** Formato de los mensajes RREQ\_I

En el caso de la figura 2.2 los campos introducidos son:

*J (Join flag)*: Reservado para multicast.

*R (Repari flag)*: Reservado para multicast.

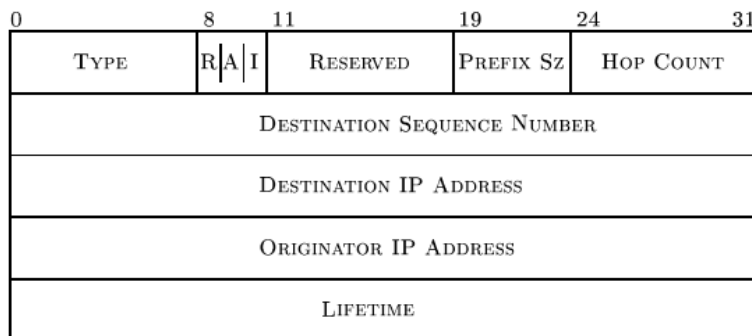
*G (Gratuitous RREP flag)*: Indica si el nodo debe ser unicast.

*I (Internet-Global Adress resoltuion flag)*: el nodo origen solicita una conectividad global.

*Originator Sequence Number*: El actual número de secuencia que se utilizará en la ruta, entrada que apunta hacia el generador del route request.

Cuando el mensaje llega al gateway este responde enviando el mensaje route reply extendido (RREP\_I) (Figura 2.3) en modo unicast al nodo origen, el cual contiene entre otras cosas la dirección IP del gateway en cuestión.

El nodo origen seleccionará uno de los gateways que le ofrezca la mejor ruta hacia el destino en términos de número de saltos o bien de algún otro parámetro y mandará los datos al nodo de la red fija a través de ese gateway.



**Fig. 2.3** Formato de los mensajes RREP\_I

La principal ventaja, de este mecanismo de descubrimiento, es que los mensajes RREQ\_I solo se envían cuando un nodo necesita información de un gateway para enviar datos hacia la red fija. Esto nos evita la inundación continua de mensajes RREP\_I (gateway advertisements, GWADV) que se producía en el mecanismo explicado anteriormente. Esto nos permite utilizar los recursos de red tales como la energía o el ancho de banda de forma más eficiente que los protocolos de descubrimiento de gateways proactivos.

No obstante este protocolo también tiene desventajas como por ejemplo el incremento de carga que se produce sobre los nodos móviles, especialmente aquellos que están cerca del gateway o el aumento del retardo de descubrimiento de ruta.

## 2.3 Protocolo de descubrimiento de gateways híbrido

Este método combina el descubrimiento de gateway proactivo y reactivo intentando minimizar así las desventajas de los dos por separado.

En este mecanismo, el gateway envía periódicamente un mensaje RREP\_I a todos los nodos móviles o dispositivos que se encuentren en su rango de transmisión, es decir, dentro de su alcance radio. Los nodos continuarán enviando este paquete hasta alcanzarse un número máximo de saltos definidos por el parámetro ADVERTISEMENT\_ZONE.

Si el nodo que recibe el mensaje contiene la ruta que le envía el gateway actualiza su tabla de encaminamiento y sino crea una nueva entrada tal y como se ha explicado en los apartados anteriores. Cuando un nodo se encuentra fuera del alcance de transmisión de un gateway y de los mensajes RREP\_I y

quiere conectarse a una red fija, envía un mensaje broadcast RREQ\_I a la dirección IP del grupo de gateways de la red ad hoc.

Si otro nodo recibe el mensaje RREQ\_I lo reenvía en modo broadcast hasta que finalmente llegue al gateway. En este punto el gateway envía un mensaje RREP\_I que llega al nodo origen.

## **2.4 Mecanismos de descubrimiento de gateways presentados**

La llegada de nuevas aplicaciones multimedia, o aplicaciones de gestión con ciertos requisitos en cuanto a ancho de banda o retardo, han conseguido que desde hace algunos años la provisión de cierto nivel de calidad de servicio en la red sea un objetivo de vital importancia.

No obstante, los métodos de descubrimiento de gateways tratan todos los tráfico de la red de la misma forma y no consideran las diferencias entre aplicaciones best-effort o aplicaciones en tiempo real (VoIP). Entendemos el tráfico best-effort como el tráfico no prioritario de la red como por ejemplo la navegación web.

En los dos siguientes apartados queremos remarcar la importancia de proporcionar calidad de servicio a las aplicaciones en tiempo real en las redes ad hoc e introducir dos nuevos mecanismos de descubrimiento de gateways que diferencien entre el tráfico best-effort y el tráfico en tiempo real.

### **2.4.1 Provisión de calidad de servicio en redes ad hoc**

Podemos definir la calidad de servicio (QoS: Quality of Service), como la capacidad de la red para ofrecer un servicio requerido por alguna aplicación en particular estableciendo algún tipo de control sobre el retardo extremo a extremo, el jitter, el ancho de banda o sobre el tráfico perdido.

Para proveer de calidad de servicio a las redes ad hoc hay que tener en cuenta las principales características que presentan este tipo de redes. Principalmente la topología dinámica, que modifica los nodos vecinos constantemente, así como el estado de los enlaces, modificando de esta forma el ancho de banda disponible, así como el retardo presente en los enlaces, conducen a que la provisión de QoS sea poco menos que una locura en este tipo de redes.

El caso que estudiaremos en este proyecto, es el de proporcionar QoS a las aplicaciones de tiempo real en las redes ad hoc conectadas a redes fijas, diferenciando así los flujos de tiempo real y el tráfico best-effort.

La aplicación en tiempo real que escogemos en este estudio es VBR (Variable Bit Rate) Voice-over-IP. La ITU-T recomienda en el estándar G.114 que para mantener una conversación con una calidad aceptable, el retardo extremo a extremo de los flujos de VoIP se tiene que mantener por debajo de los 150 ms.

A partir de este valor la calidad de la comunicación se ira degradando, dificultando el entendimiento de la misma.

Latencias con valores superiores a 400 ms ya son inaceptables.

Existe cierta relación entre la provisión de QoS y los métodos de descubrimiento de gateways. Los métodos proactivo e híbrido proporcionan una mejor tolerancia al retardo extremo a extremo ya que los mensajes GWADV se envían periódicamente y no cuando se necesitan, como en el caso de los métodos reactivos. De esta manera la aplicación en cuestión encontrará una ruta hacia Internet de forma más rápida.

Pero por otro lado el efecto que tendrá el envío periódico de los mensajes GWADV será negativo ya que aumentará la congestión en la red, hecho que producirá un aumento significativo del retardo de la aplicación en tiempo real que estemos utilizando.

Como hemos visto anteriormente, lo que ganamos por un sitio lo perdemos por otro. En el siguiente apartado explicaremos el funcionamiento de un protocolo de descubrimiento de gateways que fue diseñado para reducir los problemas de congestión y ayudar así a mantener los parámetros de QoS establecidos, aunque la congestión de tráfico en la red sea elevada.

#### **2.4.2 Propuesta del protocolo de calidad de servicio para redes ad hoc conectadas a redes fijas**

En esta propuesta se toma como referencia el modelo de descubrimiento de gateways híbrido en lugar del proactivo ya que en el caso del proactivo propaga los mensajes GWADV a través de toda la red introduciendo así un elevado grado de congestión que puede afectar a la aplicación en tiempo real.

Por el contrario en el método híbrido de descubrimiento los GWADV solo son propagados a unos cuantos saltos de distancia del gateway.

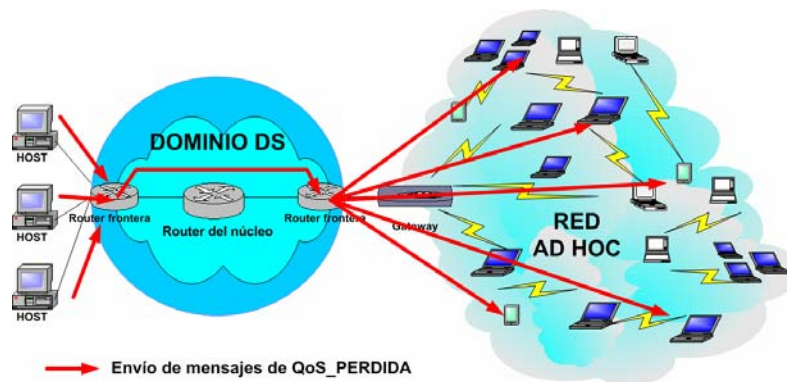
En este caso hemos estudiado las consecuencias del envío de GWADV ya que todos los nodos no aprovechan de la misma manera el recibir este mensaje. Unos nodos se benefician y otros son cargados con más paquetes que en realidad no necesitan.

Consideramos un escenario donde las fuentes de tráfico de aplicaciones en tiempo real y best-effort envían tráfico desde la red ad hoc a una red fija.

Los nodos de la red fija, destinatarios del tráfico en tiempo real, monitorizan periódicamente el retardo extremo a extremo de este tipo de tráfico. Para calcular este retardo se introduce una marca temporal "timestamp" en la cabecera del protocolo de la aplicación en tiempo real (RTP, Real Time Protocol) y cuando el mensaje llega a su destino en la red fija se calcula la diferencia de tiempo entre el envío del mensaje y su llegada.

Si el retardo de una o más fuentes de tráfico de tiempo real es superior a 140 ms, se envía un mensaje QoS\_PERDIDA (Véase Fig 2.4) desde el destino a la

fuente del tráfico de tiempo real, advirtiendo, que pueden empezar a haber problemas de retardo.



**Fig. 2.4** Mensaje QoS\_PERDIDA enviado de la red fija a la red ad hoc

Cuando un nodo en la red ad hoc recibe el mensaje QoS\_PERDIDA, activa el mecanismo de QoS para mejorar la QoS de este tipo de tráfico. A partir de aquí dependiendo del mecanismo de QoS utilizado los nodos actuarán de una forma u otra, por ejemplo, estrangulando el tráfico best-effort. Esto se consigue, reduciendo la tasa con la que el tráfico best-effort accede al medio.

El gateway debe averiguar periódicamente como se encuentra la situación en las comunicaciones realizando los siguientes pasos:

Primero tendría que comprobar periódicamente si recibe mensajes de QoS\_PERDIDA en un periodo de  $T$  segundos, el gateway advertisement interval, de flujos de tráfico de aplicaciones de tiempo real que tengan problemas para mantener su retardo extremo a extremo por debajo de 150 ms.

En el caso de que no reciba ningún mensaje de QoS\_PERDIDA, el gateway envía un GWADV.

Por otro lado, si el gateway recibe algún mensaje de QoS\_PERDIDA, realiza el siguiente cálculo:

$$\alpha(t) = P / F,$$

donde  $P$  es el número de fuentes de tráfico de tiempo real que tienen problemas de latencia extremo a extremo, y  $F$  es el número total de fuentes de tráfico de tiempo real que utilizan este gateway en concreto.

Consideramos un umbral (valor límite)  $\gamma$  y donde su rango de valores es  $0 \leq \gamma \leq 1$ .

Si  $\alpha(t) > \gamma$ , los gateways no enviarán mensajes GWADV hacia la red ad hoc ya que si el flujo de tráfico de tiempo real tiene problemas de QoS debido a

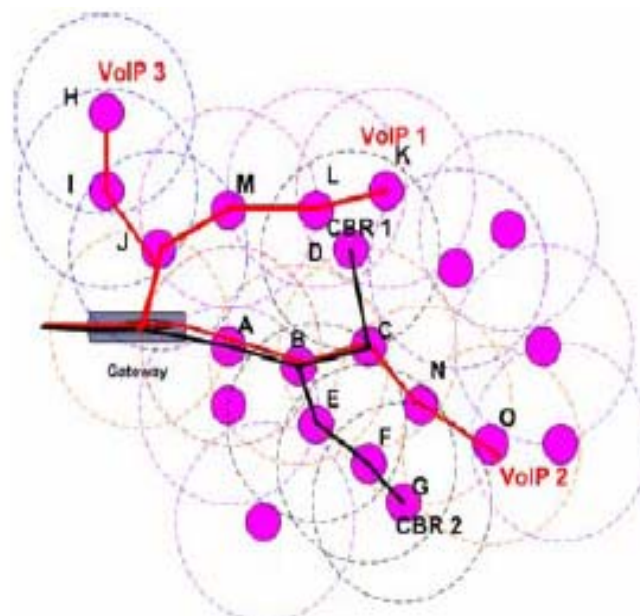
la congestión, no es aconsejable introducir más tráfico con este tipo de mensajes.

Por otro lado, si  $\alpha(t) \leq \gamma$ , los gateways mandaran los mensajes GWADV con normalidad hacia la red ad hoc.

El valor de  $\gamma$  tiene que ser escogido cuidadosamente, ya que es el umbral quién define cuando se activa el mecanismo, es decir, cuando se actúa sobre el control del tráfico. Por ejemplo en el caso  $\gamma = 1$  el método de descubrimiento de gateways es equivalente al método híbrido visto en anteriores apartados

En conclusión, podemos decir que este método de descubrimiento de gateways, sirve para que las fuentes generadoras de tráfico de tiempo real no incrementen el problema del retardo extremo a extremo si la congestión es elevada y además, con la ayuda de algún modelo de calidad de servicio que, por ejemplo, estrangule el tráfico de best-effort, podrá reducirse la congestión para mejorar el retardo extremo a extremo de los flujos de tiempo real para preservar la calidad de servicio.

A continuación vemos un ejemplo de una situación (Fig.2.5) donde 5 flujos de tráfico diferentes, es decir, 3 aplicaciones de VoIP (en tiempo real) y 2 aplicaciones CBR (best-effort), envían paquetes a Internet a través del gateway.



**Fig. 2.5** Ejemplo de la situación

Consideramos que los tráficos correspondientes a VoIP1 y VoIP2 tienen problemas para mantener el retardo extremo a extremo por debajo de 150 ms. Tal y como marca este mecanismo, los mensajes QoS\_PERDIDA se



envían a las fuentes que generan este tráfico de VoIP1 y VoIP2 para advertirles de la situación. Los gateways calcularán periódicamente el porcentaje de fuentes de VoIP que envían sus paquetes a Internet a través de ellos y que además tienen problemas de retardo. En este ejemplo, este porcentaje es de  $\alpha(t) = 2/3$ . Si el valor de  $\gamma=0.5$ , se cumple la condición  $\alpha(t) > \gamma$  lo que significará que el gateway no enviará mensajes GWADV hacia la red ad hoc.

Si una fuente de tráfico VoIP soluciona sus problemas de QoS, el gateway al calcular de nuevo el porcentaje obtendrá un resultado diferente  $\alpha(t) = 1/3$ . Con este valor el gateway ya puede mandar mensajes GWADV hacia la red, ya que se cumple la condición  $\alpha(t) \leq \gamma$ .

### 2.4.3 Variante del protocolo de calidad de servicio para redes ad hoc conectadas a redes fijas

En esta nueva variante del protocolo, se toma como diseño la implementación de dos umbrales, diferentes y numéricamente definidos, a partir de los cuales, el gateway decidirá si envía o no los GWADV.

La aplicación de los dos umbrales nos lleva a un escenario con tres estados. Para saber en qué estado nos encontramos, calculamos  $\alpha$  teniendo en cuenta el número de flujos de tiempo real que tienen problemas dividido por el número de flujos de tiempo real totales.

$$\alpha(t) = P / F,$$

Nos encontraremos en el primer estado cuando  $\alpha(t) < 0.15$ . En este estado la red estará libre de congestión y se continuaran enviando todos los GWADV de manera normal.

Nos encontraremos en el segundo estado cuando  $0.15 \leq \alpha(t) \leq 0.25$ . En este intervalo los GWADV se enviaran cada  $2 T$  segundos como medida de prevención al aparecer los primeros síntomas de congestión de la red. Esta medida nos permitirá disminuir el tráfico de GWADV a la mitad.

Por último nos encontraremos en el tercer estado cuando  $\alpha(t) > 0.25$ . A partir de la superación de este umbral no se enviaran GWADV.

Cuanto más pequeño sea el umbral  $\gamma$ , más pronto se dejará de añadir tráfico de señalización a la red y por lo tanto se solucionan antes los problemas de calidad de servicio para las aplicaciones de tiempo real.

Nuestra propuesta consiste en fijar el valor del primer umbral en  $\gamma=0.15$ . Este valor permite actuar de forma prematura cuando se detectan los primeros síntomas de lentitud del tráfico de tiempo real de la red.

La utilización de los tres umbrales nos permite actuar de forma paulatina sobre los síntomas de congestión de la red.

En los próximos apartados veremos el resultado de las simulaciones en un escenario concreto; la aplicación de este protocolo en una red ad hoc conectada a un red fija nos permitirá comprobar si el valor del umbral

escogido es correcto o si se puede ajustar más para optimizar la provisión de calidad de servicio.

## CAPÍTULO 3. SIMULACIONES

### 3.1 Introducción a la simulación mediante NS

Una vez analizada la parte teórica sobre los mecanismos de descubrimiento de gateways tratados en los capítulos anteriores, nos encontramos con la necesidad, de llevarlos a la práctica para analizar su comportamiento y funcionamiento en un entorno real.

En la actualidad, sería muy costoso llevar a cabo este experimento debido a que tendríamos que desplegar una considerable infraestructura y contar con los suficientes terminales móviles y fijos para realizar diferentes simulaciones en situaciones diversas, para tener un amplio abanico de resultados con los que poder trabajar.

Afortunadamente, hoy en día, disponemos de las herramientas necesarias para llevar a cabo esta labor, de una manera rápida, fiable y económica. Únicamente, precisaremos del potencial de calculo de un ordenador doméstico y de la herramienta de simulación **Network Simulator** (NS).

La simulación de los protocolos mediante NS, nos permitirá obtener unos resultados muy similares a la realización de las pruebas en un entorno real y su validez nos indicará si vale la pena implementar posteriormente nuestros protocolos en un entorno real.

El Network Simulator, es un programa para realizar simulaciones, creado en la Universidad de California con sede en Berkley. El NS esta totalmente enfocado hacia la investigación y el estudio de comportamientos de eventos discretos.

Inicialmente fue desarrollado para la simulación de redes IP. Gracias a que el NS es una herramienta desarrollada por usuarios del sistema Unix y esta implementado en C, el NS se encuentra en constante evolución, creándose nuevos módulos para soportar simulaciones en las nuevas tecnologías de comunicación como redes ad-hoc, simulaciones mediante MPLS...

El NS es una herramienta *Open Source* y su principal forma de distribución es gratuita, por lo que no necesitamos caras licencias ni desembolsos económicos para poder utilizarla.

La ejecución del NS dará como resultado unas simulaciones donde se estudiará la evolución de una red específica a lo largo del tiempo, obteniéndose unos valores numéricos. Para poder visualizar dichos resultados utilizaremos la herramienta gráfica **GNUPLOT**.

El GNUPLOT también es un programa de distribución gratuita que permite realizar gráficas bidimensionales a partir de valores obtenidos, en nuestro caso, por las simulaciones realizadas en el NS.

Para que el GNUPLOT cree las gráficas, necesitamos pasarle el fichero .g, donde se definen los rangos de valores en los ejes de las X y de las Y, el directorio donde se guardará la gráfica resultante, y la ruta donde se encuentra el fichero con los resultados de las simulaciones. Véase figura 3.1

```

set xrange[1:30]
set yrange[0:50]
set key bottom
set xlabel"Interval (s)"
set ylabel"Jitter for VoIP traffic (s)"
set term postscript eps color solid "Helvetica" 25
set output "/home/mcd/vida/ns-allinone-2.1b9a/ns-2.1b9a/simulaciones/Graficas/average-jitter-
advertisement.eps"
plot "average-jitter-advertisement" t "Proposed adaptive scheme" w lp lt 4 pointtype 13 pointsize 2

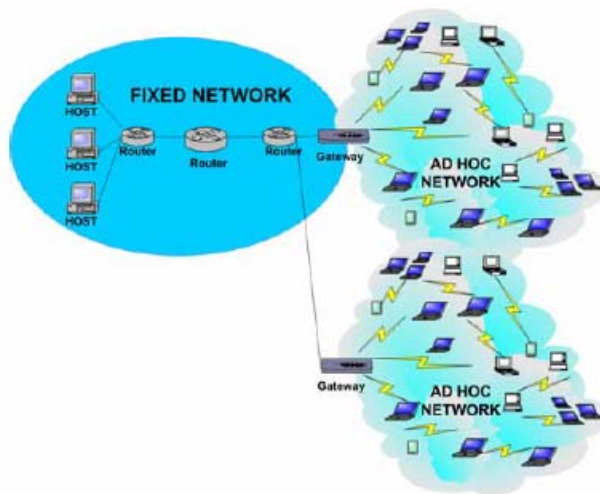
```

**Fig. 3.1** Fichero .g definición de valores para Gnuplot

### 3.2 Escenario de la simulación

Gracias al Network Simulator podemos simular cualquier tipo de escenario, definiendo el número y la clase de dispositivos que formarán parte de la red, asignándoles diferentes comportamientos.

En nuestro caso, definiremos un escenario de simulación donde una red ad hoc se conecta a una red fija a través de dos gateways (véase Fig.3.2)



**Fig.3.2** Escenario de simulación propuesto

El escenario consta de:

- 20 nodos móviles.
- 2 gateways.
- 3 routers fijos.
- 3 hosts fijos.

Los nodos móviles, están distribuidos uniformemente en una región rectangular que comprende un área de 1000x500 metros y forman una red ad hoc.

Los dos gateways están situados en (150; 250), (850; 250) siguiendo el plano de coordenadas x, y.

Los nodos móviles, que se conectan de manera aleatoria a alguno de los tres hosts fijos, se desplazan aleatoriamente dentro del área definida a una velocidad uniformemente distribuida que varía entre los 0 y los 3 m/seg. Cuando el dispositivo móvil llega a su destino, realiza una pausa, durante un determinado número de segundos, escogiendo otro destino dentro del área, repitiendo el mismo proceso de forma continuada. Se han seleccionado cinco tiempos de pausa diferentes: 0, 20, 50, 125 y 200 segundos. Con esto se pretende recrear el movimiento que puede realizar un dispositivo móvil dentro de la red ad hoc en un entorno real.

El tráfico CBR Best-effort lo generaran 10 dispositivos móviles mientras que el tráfico VBR será generado por 15 de los dispositivos móviles de la red ad hoc.

La zona de propagación de los GWADV esta limitada a 5 saltos (TTL=5) y el protocolo de enrutamiento utilizado para la red ad hoc será el AODV.

AODV es un protocolo de encaminamiento que establece rutas bajo demanda, es decir, que AODV no hace nada hasta que un nodo necesita transmitir a otro nodo para el cual no tiene ruta. De entre las rutas que calcula selecciona aquella que tiene menor número de saltos.

Los enlaces *wireless* seguirán el estándar IEEE 802.11b.

Otro parámetro que utilizamos en la simulación es el umbral que en función del mecanismo simulado tendrá un valor u otro. En el caso de mecanismo de descubrimiento de gateways propuesto tendrá un valor de  $\gamma=0.15$ , y en el caso de la variante del mecanismo tendrá un valor de  $\gamma=0.15$  y  $\gamma=0.25$  en el caso del segundo estado.

También fijaremos el valor del intervalo de tiempo en el cual el gateway decide si enviar o no GWADV en 5 segundos.

Todos los datos mencionados anteriormente siempre serán fijos en nuestras simulaciones. El parámetro que iremos variando será el tiempo en que los dispositivos de la red ad hoc se encuentran parados (tiempo de pausa).

### 3.3 Gráficas

A partir de la simulación con el NS del escenario propuesto anteriormente, obtendremos unos resultados que representarán gráficamente el comportamiento del tráfico de la red para los diferentes mecanismos de descubrimiento de gateways vistos anteriormente.

Los parámetros simulados son los siguientes:

- Retardo extremo a extremo del tráfico VoIP
- Jitter del tráfico VoIP
- Tasa de entrega de paquetes VoIP
- Overhead de los paquetes de control

- Throughput del tráfico Best-effort

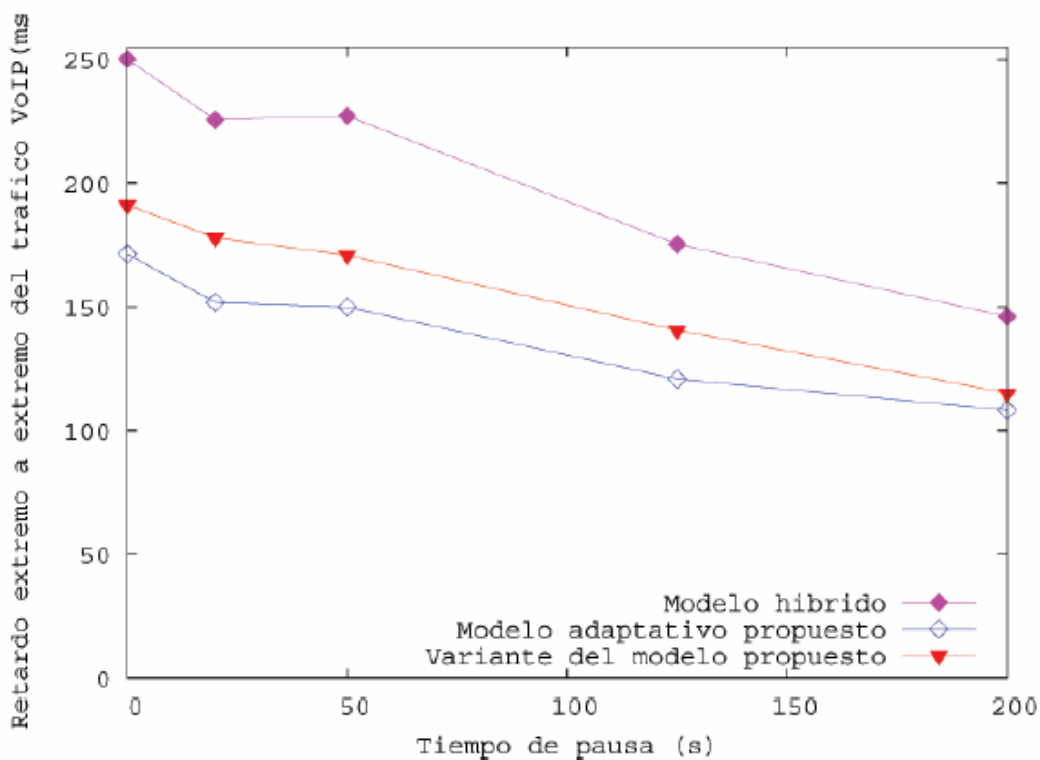
Estos parámetros serán explicados detalladamente en las siguientes secciones presentadas a continuación.

### 3.3.1 Retardo extremo a extremo del tráfico VoIP en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc

Definiremos el retardo extremo a extremo como el intervalo de tiempo que tarda un paquete de datos desde un *host* origen hasta un *host* destino. En este caso los datos irán desde la red ad hoc a la red fija.

En este caso el retardo irá en función del movimiento de los nodos en la red ad hoc.

Recordemos que la ITU-T recomienda que el retardo extremo a extremo para el tráfico VoIP tiene que mantenerse por debajo de los *150 ms* para mantener una calidad en la conversación adecuada.



**Fig.3.3** Retardo extremo a extremo del tráfico VoIP

Vemos en la figura 3.3 que el comportamiento del modelo adaptativo y su variante es mejor que la del modelo híbrido en cuanto a retardo extremo a extremo se refiere. El modelo híbrido hasta que no llega a intervalos de pausa muy elevados, 200 s, no consigue rebajar el retardo recomendado inferior a *150 ms* para tener un nivel de calidad aceptable. En el caso de los otros dos modelos esto ocurre aproximadamente cuando el tiempo de pausa es de 25 s

en el caso del modelo adaptativo y 100 s en el caso de la variante del modelo adaptativo.

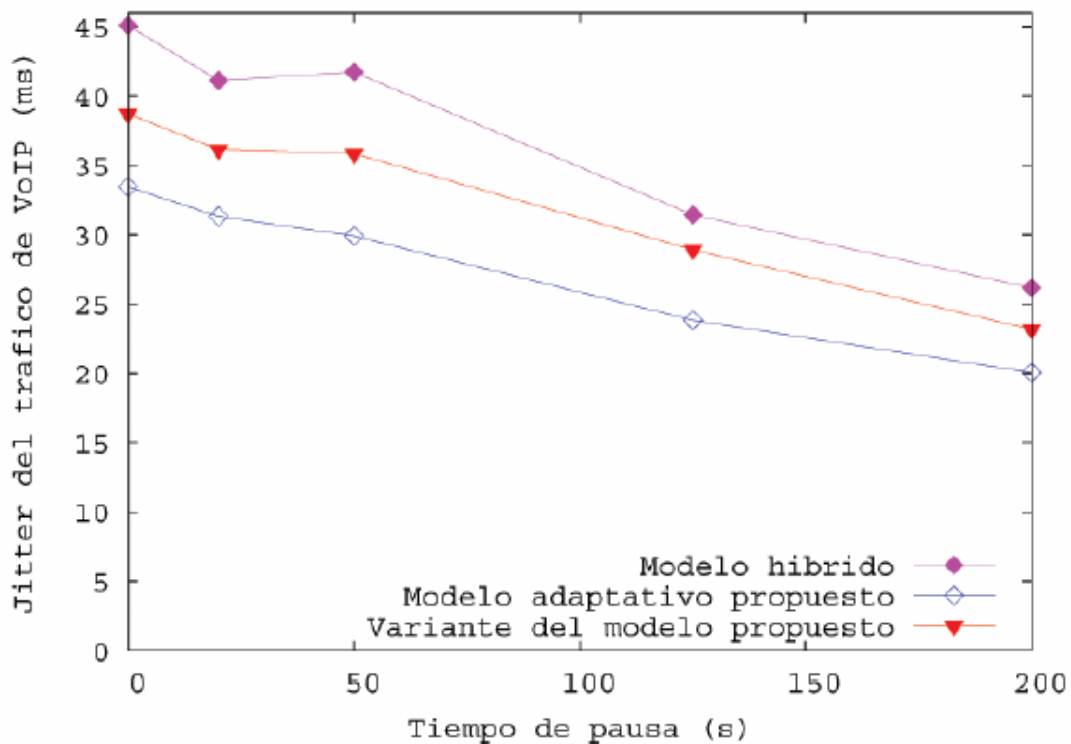
En los tres casos vemos que cuando el tiempo de pausa de los dispositivos móviles de la red es menor, mayor es el retardo extremo a extremo. Porque cuando el tiempo de pausa es muy pequeño las rutas de los flujos existentes se rompen muy frecuentemente (debido a la movilidad) y el protocolo de encaminamiento AODV continuamente pone en marcha nuevos procesos de descubrimiento de ruta que hacen aumentar la latencia.

En cualquier momento del intervalo que nos encontremos, vemos que el modelo adaptativo es el que tiene un mejor comportamiento en todos los casos ya que es el modelo que aplica una política más restrictiva de envío de GWADV, hecho que disminuye considerablemente la congestión de la red. Observamos que la variante del modelo adaptativo tiene un comportamiento intermedio ya que prolonga el envío de GWADV durante un periodo de tiempo mayor.

### **3.3.2 Jitter del tráfico VoIP en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc**

Definiremos el jitter como la diferencia de latencia entre los paquetes de datos recibidos. Este parámetro nos interesara que sea lo más bajo posible, sobre todo para el tráfico VoIP, que es el más prioritario.

Cuando aumenta el tiempo de pausa de los dispositivos de la red, disminuyen los mensajes de control porque no hay tanta movilidad y no se rompen tantas rutas, hecho que hace que el tráfico de red disminuya, permitiendo que el jitter del tráfico VoIP sea cada vez menor, como podemos ver en la figura 3.4.



**Fig. 3.4** Jitter del tráfico VoIP

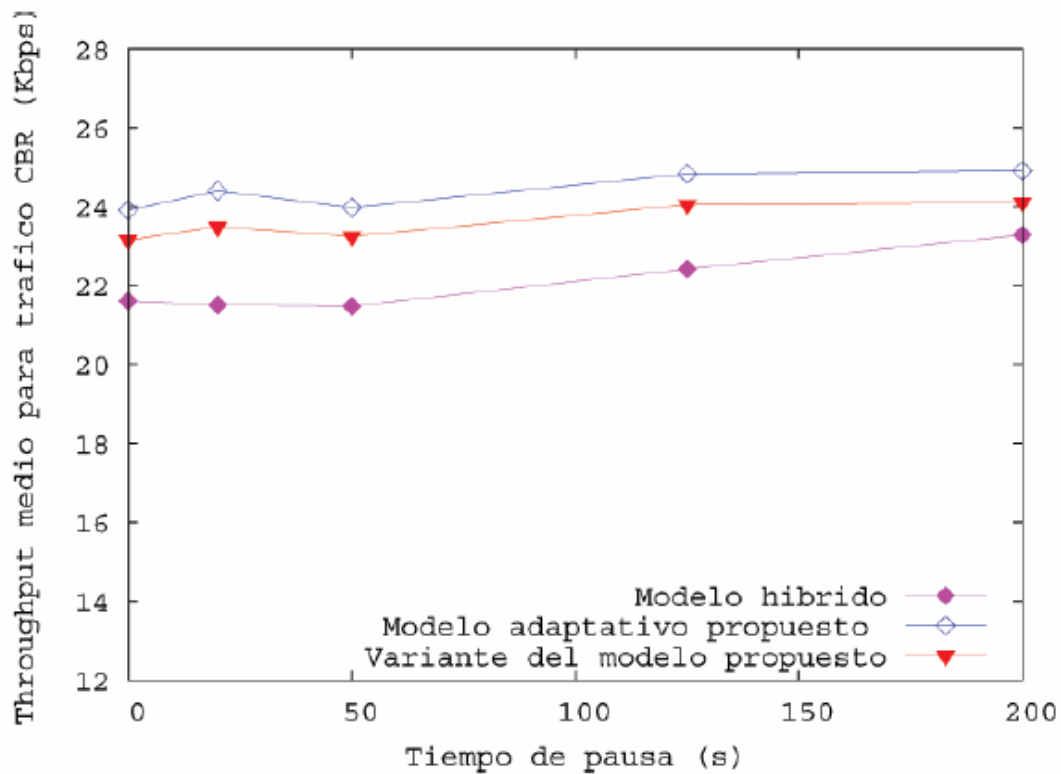
Como vimos en la gráfica anterior, el modelo que tiene un mejor comportamiento en cualquiera de los estados en que nos encontremos, es el modelo adaptativo, seguido de su variante, aunque la diferencia vaya disminuyendo a medida que el tiempo de pausa vaya aumentando, como podemos ver por ejemplo cuando el tiempo de pausa de los dispositivos móviles es de 200 s donde la diferencia es inferior a los 10 ms. Esto se debe a que la variante prolonga el envío de GWADV aumentando así la congestión de la red.

Como en la gráfica anterior, el aumento del tiempo de pausa provoca una disminución de la congestión de la red.

### 3.3.3 Throughput del tráfico Best-Effort o CBR en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc

Podemos definir el throughput como la velocidad máxima de enlace. En la figura 3.5, observamos de nuevo, que el modelo híbrido es el peor de los 3 nuevamente.





**Fig. 3.5** Throughput medio para el trafico CBR

Volvemos a ver que cuando la movilidad de los dispositivos de la red disminuye, la eficiencia de la red aumenta (hay menos tráfico de señalización o control y por lo tanto menos congestión), permitiendo tener a un tráfico no prioritario como el best effort, una mayor utilización del ancho de banda de la red.

Los tres modelos siguen un comportamiento bastante lineal, siendo otra vez el modelo adaptativo el que mejora la eficiencia de la red y el que mejor tolera un mayor tráfico best effort en la red porque es el que descongestiona más la red al impedir el envío de GWADVs. La variante del modelo adaptativo seguirá incrementando el envío de GWADV respecto al modelo adaptativo tal y como hemos visto en las gráficas anteriores.

No obstante vemos que el modelo híbrido es el que experimenta un mayor crecimiento desde su valor inicial a su valor final.

Tanto el modelo adaptativo como su variante mantienen un comportamiento similar en todos los estados manteniendo su valor medio aproximadamente en los *24kbps*, en el caso del modelo adaptativo y de *23kbps* en el caso de su variante.

### 3.3.4 Overhead de los paquetes de control en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc

Definiremos el tráfico de control como el conjunto de paquetes de control generados para el funcionamiento del protocolo. Entre estos paquetes nos

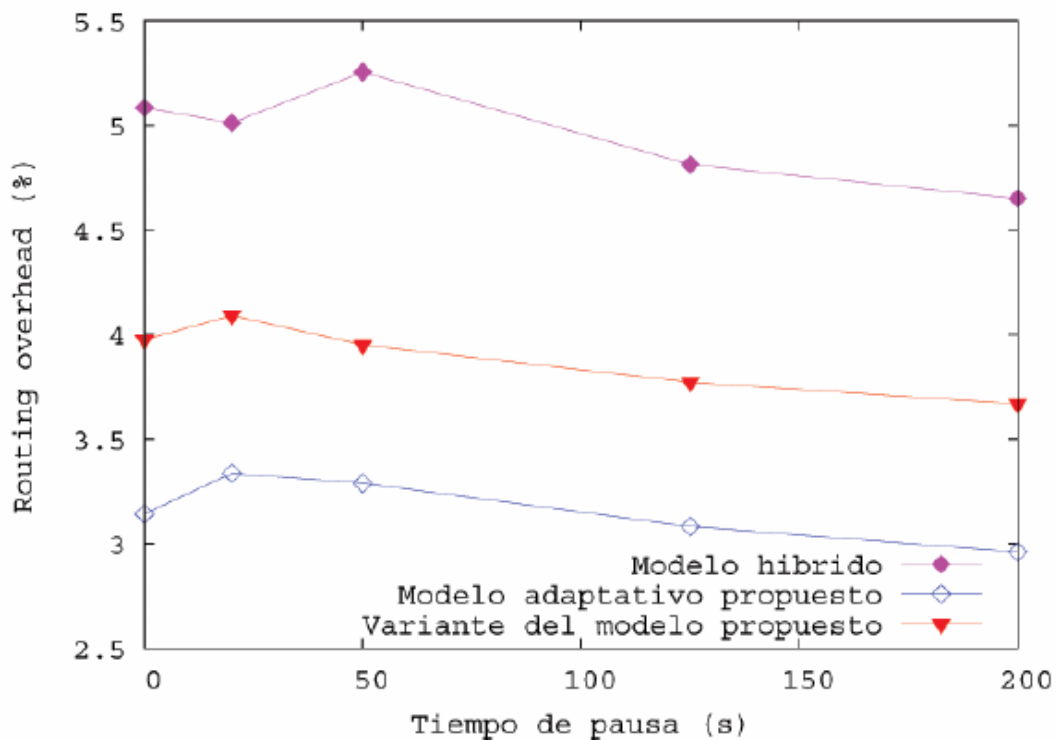
podemos encontrar los GWADVs o los paquetes de descubrimiento de ruta del protocolo AODV. También nos referiremos a este tipo de tráfico como *overhead* (*tráfico de control o de señalización*).

La presencia de un overhead elevado sería un problema ya que podría congestionar la red.

La figura 3.6 nos muestra el porcentaje de paquetes de control recibidos en relación al total de paquetes recibidos, ya sean paquetes de datos, señalización o control, etc...

$$\text{Overhead (\%)} = [\text{Overhead} / (\text{Overhead} + \text{Datos})] * 100$$

Vemos en la figura 3.6 que a medida que aumenta el tiempo de pausa de los dispositivos el overhead va disminuyendo considerablemente ya que no hay recalculación de rutas tan frecuentemente. Este hecho disminuye el envío de mensajes de encaminamiento del AODV. Esto nos permite seguir enviando mensajes de GWADV durante más tiempo.



**Fig 3.6** Overhead

Como en los casos anteriores vemos que el modelo que introduce menos tráfico overhead a la red es el modelo adaptativo seguido de su variante tal y como esperábamos.

Observamos en la gráfica, que los tres mecanismos obedecen a un comportamiento muy lineal, oscilando únicamente un 0.5% desde su valor inicial.

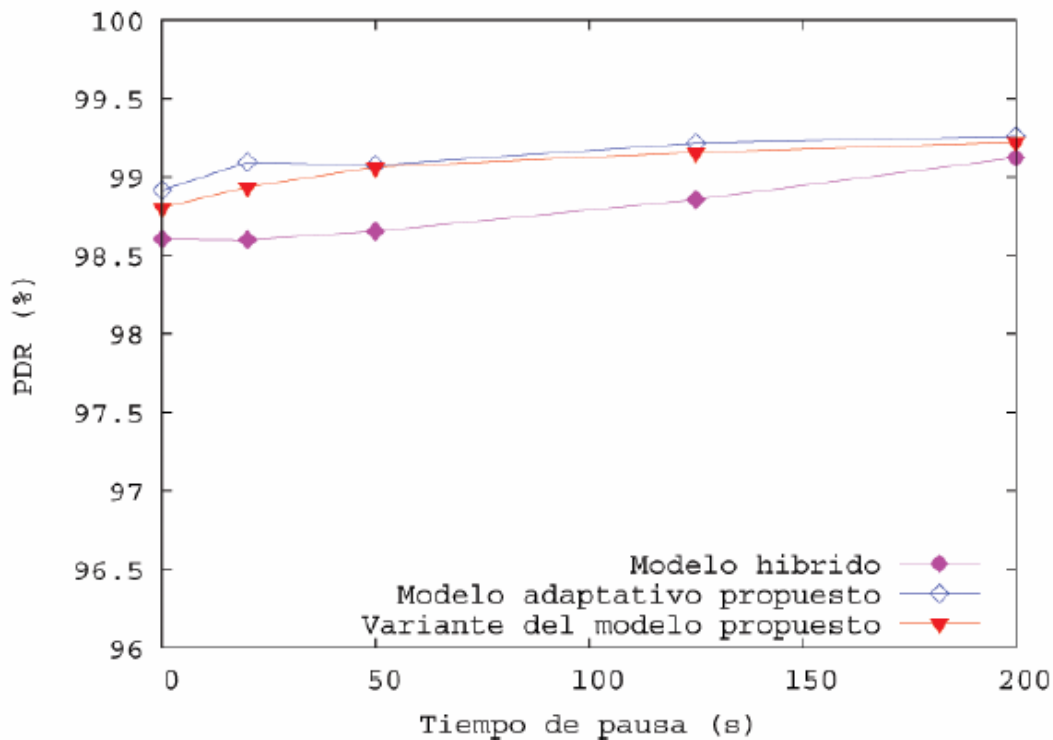
### 3.3.5 Tasa de entrega de paquetes VoIP en función del tiempo de pausa de los nodos de la red ad hoc

La tasa de entrega de paquetes VoIP o PDR (Packet Delivery Ratio) puede ser definido como el número de paquetes VoIP que llegan a su destino con éxito entre el total de paquetes VoIP generados por las fuentes de tráfico VoIP.

$$PDR_{VoIP} (\%) = (\text{Paquetes}_{\text{Recibidos}} / \text{Paquetes}_{\text{Enviados}}) * 100$$

Este es un parámetro significativo de calidad de servicio, ya que la pérdida de paquetes provoca el reenvío de los mismos, hecho que aumenta la congestión de la red.

Sin embargo, vemos en la figura 3.7 que en general la tasa de entrega de los paquetes VoIP siempre se mantiene en un nivel elevado.



**Fig. 3.7** Tasa de entrega de paquetes

En este caso el comportamiento de los tres modelos para la tasa de entrega de paquetes se mantiene en un nivel muy elevado (por encima del 98.5% en el peor de los casos), siendo una vez más el modelo adaptativo el que mejor eficiencia presenta aunque la diferencia con su variante es casi imperceptible. Una vez más vemos que cuando el tiempo de pausa de los dispositivos aumenta, se descongestiona la red de tráfico de control hecho que provoca una mejor eficiencia de la red.

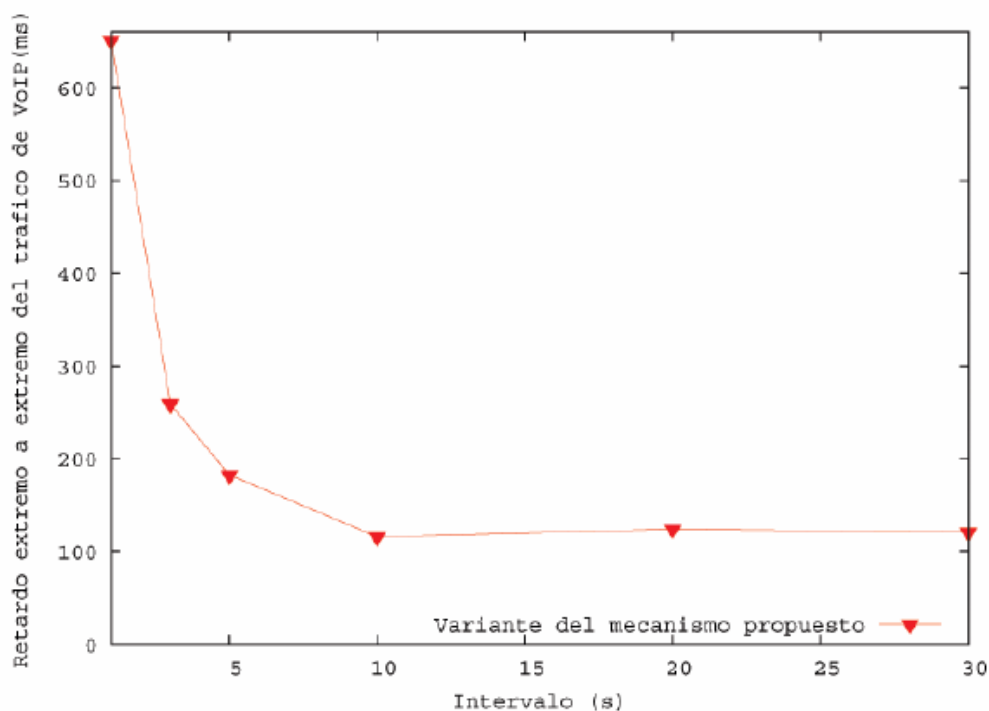
Una vez hemos finalizado el estudio sobre el resultado de las simulaciones de los modelos híbrido, adaptativo y la variante del adaptativo sobre diversos parámetros en función de la movilidad de los dispositivos de la red, viendo que los resultados obtenidos mejoran el comportamiento del modelo híbrido, pasamos a realizar las simulaciones, de manera individualizada, de la variante del modelo adaptativo.

Esta vez realizaremos el estudio sobre los parámetros vistos en las gráficas anteriores, retardo extremo a extremo del tráfico VoIP, jitter del tráfico VoIP, throughput del tráfico best-effort, overhead, y la tasa de entrega de paquetes VoIP, en función del intervalo de tiempo en el cual se decide si deben enviarse o no GWADVs.

En este caso el tiempo de pausa de los dispositivos estará fijo en 20 *segundos*.

### 3.3.6 Retardo extremo a extremo del tráfico VoIP en función del intervalo

Como hemos visto antes en el retardo extremo a extremo del tráfico VoIP en función del tiempo de pausa de sus dispositivos, el retardo también disminuye cuando aumenta el intervalo en que los gateways envían sus GWADV. Cuando mayor sea el tiempo entre estos mensajes más descongestionada estará la red y por lo tanto el retardo disminuirá.



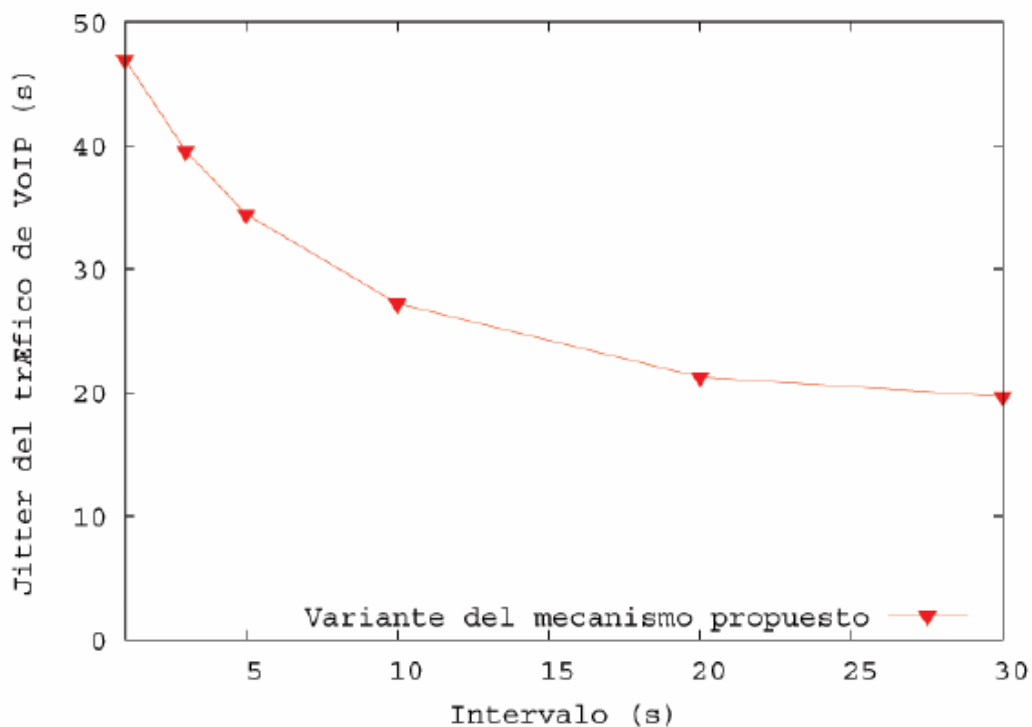
**Fig.3.8** Retardo extremo a extremo en función del intervalo

Como vemos en la figura 3.8 cuando el intervalo de tiempo para el envío de GWADVs es inferior a 5 s el retardo está muy por encima de los 150ms

recomendados por la ITU, pero a partir de este instante el retardo disminuye y se estabiliza en valores muy aceptables de calidad, manteniéndose en valores cercanos a los *100 ms*.

### 3.3.7 Jitter del tráfico VoIP en función del intervalo

Como vemos en la figura 3.9 cuando aumenta el intervalo de envío de GWADV, el tráfico de la red disminuye permitiendo que el jitter del tráfico VoIP sea cada vez menor.



**Fig 3.9** Jitter del tráfico VoIP en función del intervalo

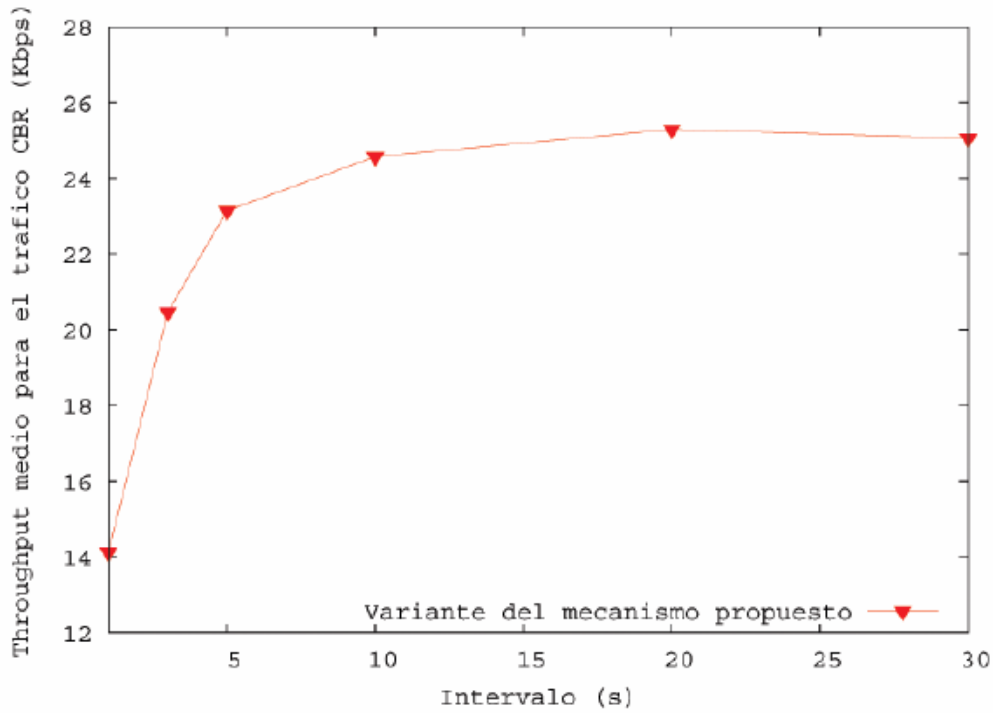
En este caso los valores son muy parecidos a los obtenidos con el jitter en función de la movilidad donde los valores también oscilan entre los *40* y los *20 ms*.

### 3.3.8 Throughput del tráfico Best-Effort o CBR en función del intervalo

En la figura 3.10, podemos comprobar, que inicialmente el throughput para el tráfico best effort registra unos valores de *14 Kbps*. Observamos que el intervalo de envío de GWADV en este caso penaliza de forma muy directa, ya que para el siguiente punto, intervalo en *3 s*, aumenta la capacidad de tráfico best effort en un *44%*.

Cuando el intervalo toma un valor de *10 segundos*, el valor del throughput alcanza prácticamente su mayor registro, manteniéndose prácticamente estable a partir de este punto.

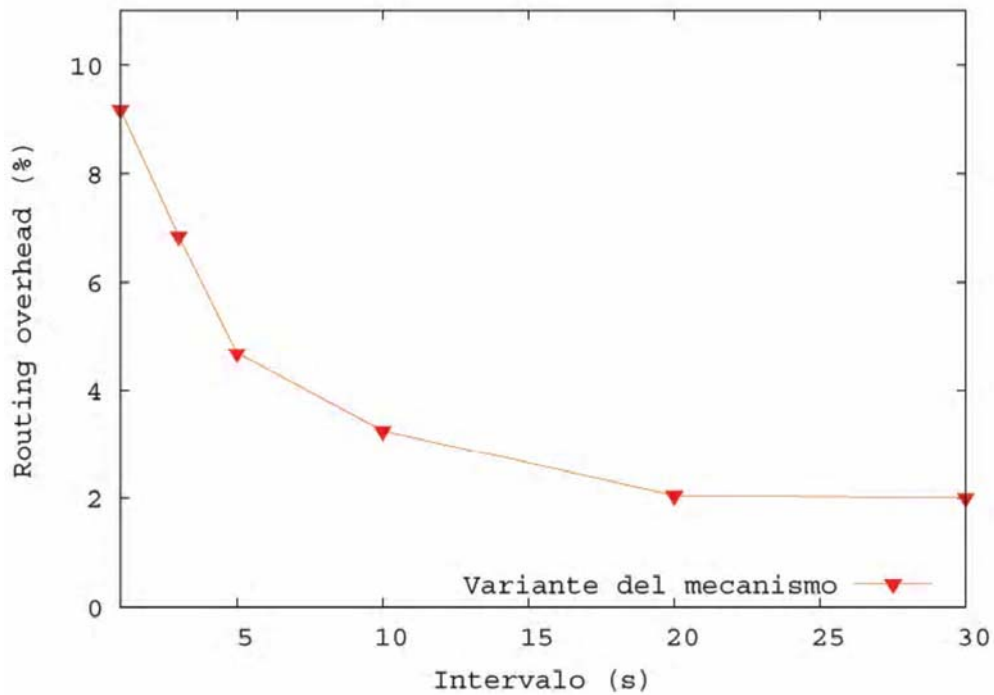
Se observa que el tráfico best effort puede transmitir hasta *25 kbps*, lo que supone un incremento de aproximado del *80%* respecto al valor inicial.



**Fig.3.10** Throughput del tráfico best effort en función del intervalo

### 3.3.9 Overhead de los paquetes de control en función del intervalo

En la figura 3.11, observamos, que a medida que aumenta el intervalo de envío de GWADV, el volumen del tráfico de control va disminuyendo de forma paulatina. Es decir, cuando mayor sea el intervalo de GWADV, menor será el envío de paquetes de control en la red.

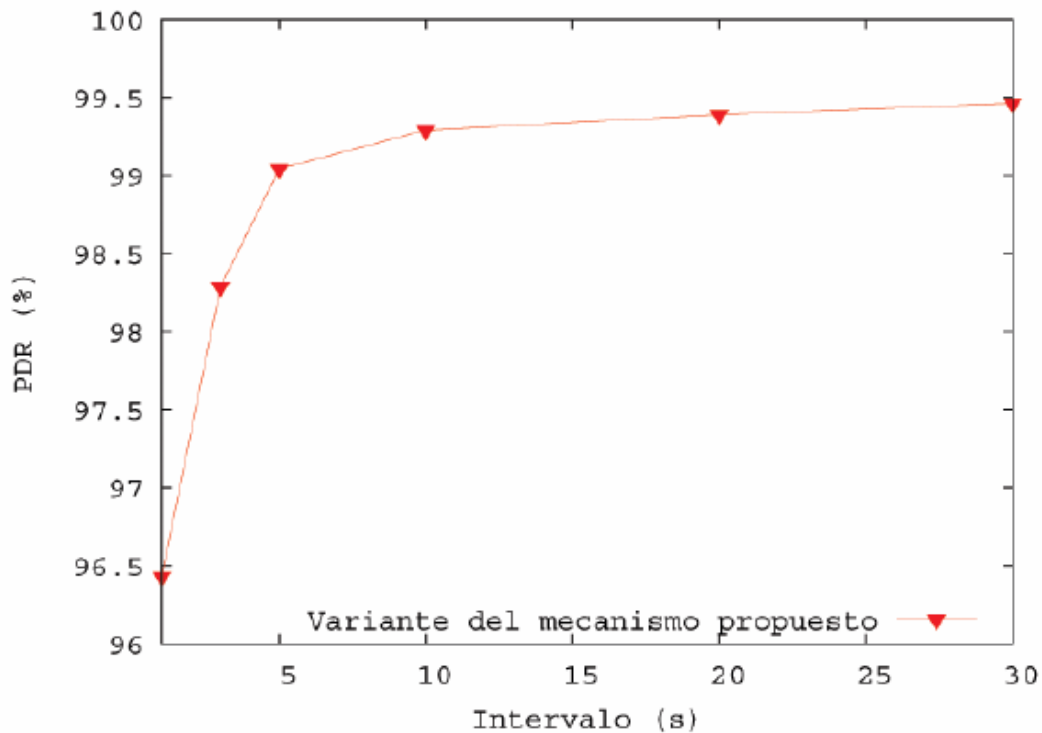


**Fig. 3.11** Overhead en función del intervalo

En el caso del overhead en función de la movilidad los valores eran más estables. En este caso vemos que, inicialmente, se empieza con unos valores muy elevados de overhead y va disminuyendo exponencialmente hasta que llega a unos valores más que aceptables del 2%.

### 3.3.10 Tasa de entrega de paquetes VoIP en función del intervalo

Tal y como hemos visto en las simulaciones de la tasa de entrega de paquetes VoIP en función de la movilidad, también en este caso los valores que se obtienen son muy elevados, siendo el 96.5% el peor registro cuando los valores del intervalo de envío de GWADV son muy bajos.



**Fig. 3.12** Tasa de entrega de paquetes en función del intervalo

Observamos en la figura 3.12 que el valor del PDR aumenta progresivamente de forma muy pronunciada hasta que el valor del intervalo es de 5 s. A partir de ese momento se estabilizan los valores hasta llegar al valor máximo del 99.5%. No obstante pese al importante crecimiento que observamos en la gráfica todos los valores obtenidos, inclusive en el peor de los casos 96.5%, son muy elevados hecho que nos indica que las pérdidas de paquetes son casi nulas.

### 3.4 Conclusiones

Finalmente, después de haber realizado las simulaciones y analizado sus resultados comparándolas con los mecanismos existentes, podemos decir, que en todos los casos, el modelo adaptativo y la variante propuesta por nosotros, mejoran de forma significativa los parámetros estudiados para los flujos en tiempo real, siendo el adaptativo el que mejor resultados obtiene en todos los casos.

Por lo que a nuestro mecanismo se refiere, vemos que siempre se comportará mejor que el modelo híbrido, aunque no superará los resultados del modelo adaptativo. Esto se debe a los parámetros de diseño de nuestro mecanismo, donde se pretendía un equilibrio entre la priorización del tráfico en tiempo real y el conocimiento de la topología de una red ad hoc dinámica, con la introducción de un nuevo estado intermedio.



Es decir, nuestra variante nunca mejorará los resultados de los tráficos en tiempo real ya que el modelo adaptativo es mucho más radical a la hora de cortar el envío de GWADV, en cambio podremos decir que nuestra variante del modelo adaptativo permitirá que los nodos de la red dispongan información de los gateways durante un período más prolongado de tiempo, ya que no se corta el envío de GWADV radicalmente.

Con nuestra aportación, añadimos un elemento más de elección en los protocolos de descubrimientos de redes ad hoc, siendo nuestra variante un intermedio entre el protocolo de descubrimiento de gateways híbrido y el adaptativo. Por lo que queda a decisión de los fabricantes, usuarios... qué priorizar en sus redes ad hoc para elegir dicho protocolo.

Llegados a este punto del estudio, se debería pasar al desarrollo y análisis de estas situaciones en entornos reales para poder comprobar que efectivamente se cumplen realmente las simulaciones teóricas. Siendo el paso previo para una incorporación definitiva en las comunicaciones reales.

Por este motivo y viendo que los objetivos del TFC se han cumplido, hemos procedido a realizar los pasos necesarios para poder patentar el modelo adaptativo y nuestra variante propuesta, adjuntada en los anexos de este mismo documento.

## CAPÍTULO 4. PATENTE DEL PROTOCOLO

### 4.1. ¿Que es una patente?

Las invenciones patentadas han invadido todos los aspectos de la vida humana, desde la luz eléctrica (cuyas patentes detentaban Edison y Swan) al plástico (cuyas patentes detentaba Baekeland), pasando por los bolígrafos (cuyas patentes detentaba Biro) y los microprocesadores (cuyas patentes detentaba Intel), por ejemplo.

Las patentes constituyen incentivos para las personas, ya que les ofrecen reconocimiento por su creatividad y recompensas materiales por sus invenciones comercializables. Estos incentivos alientan la innovación, que garantiza la mejora constante de la calidad de la vida humana. ¿Pero qué es una patente?

Una patente es un derecho exclusivo concedido a una invención, es decir, un producto o procedimiento que aporta, en general, una nueva manera de hacer algo o una nueva solución técnica a un problema.

La protección de una patente significa que la invención no puede ser confeccionada, utilizada, distribuida o vendida comercialmente sin el consentimiento del titular de la patente. El cumplimiento de los derechos de patente normalmente se hace respetar en los tribunales que, en la mayoría de los sistemas, tienen la potestad de sancionar las infracciones a la patente. Del mismo modo, un tribunal puede asimismo declarar no válida una patente si un tercero obtiene satisfacción en un litigio relacionado con la patente.

El titular de una patente tiene el derecho de decidir quién puede -o no puede- utilizar la invención patentada durante el período en el que está protegida la invención. El titular de la patente puede dar su permiso, o licencia, a terceros para utilizar la invención de acuerdo a términos establecidos de común acuerdo. El titular puede asimismo vender el derecho a la invención a un tercero, que se convertirá en el nuevo titular de la patente. Cuando la patente expira, expira asimismo la protección y la invención pasa a pertenecer al dominio público; es decir, el titular deja de detentar derechos exclusivos sobre la invención, que pasa a estar disponible para la explotación comercial por parte por parte de terceros.

Por lo tanto podemos decir que el derecho otorgado por una patente no es tanto el de fabricación, utilización u ofrecimiento en el mercado, sino, sobre todo el derecho a excluir a otros de la fabricación, utilización o introducción del producto en el mercado.

Todos los titulares de patentes deben, a cambio de la protección de la patente, publicar información sobre su invención, a fin de enriquecer el cuerpo total de conocimiento técnico del mundo. Este creciente volumen de conocimiento público promueve una mayor creatividad e innovación en otras personas. Así pues, las patentes proporcionan no sólo protección para el titular sino asimismo información e inspiración valiosa para las futuras generaciones de investigadores e inventores.

La duración de la protección que ofrece la patente al titular de la invención es de veinte años a contar desde la fecha de presentación de la solicitud. Para mantenerla en vigor es preciso pagar tasas anuales a partir de su concesión.

Hay que señalar que no todos los resultados de las investigaciones son patentables. La ley señala tres requisitos esenciales para considerar que estamos frente a una invención:

a. ***Novedad***

Se considera que una invención es nueva cuando no está comprendida en el estado de la técnica a nivel mundial.

b. ***Actividad inventiva.***

Se considera que una invención implica *actividad inventiva* si aquella no resulta del estado de la técnica de una manera evidente para un experto en la materia.

c. ***Aplicación industrial.***

Se considera que una invención es susceptible de *aplicación industrial* cuando su objeto puede ser fabricado en cualquier tipo de industria, incluida la agrícola.

Los requisitos de patentabilidad se juzgan en relación al *estado de la técnica*, el cual está constituido por todo lo que antes de la fecha de presentación de la solicitud se ha hecho accesible al público en España o en el extranjero por una descripción escrita u oral, por una utilización o por cualquier otro medio.

## 4.2 Tipos de patentes

En la actualidad existen tres vías fundamentales para la presentación internacional de la solicitud de patentes:

- ***Vía Internacional PCT***, que permite solicitar protección para la invención en cada uno de los estados partes del Tratado Internacional mediante una única solicitud denominada solicitud internacional.
- ***Vía Europea***, mediante una solicitud de patente europea directa con designación de aquellos Estados europeos en que se quiere obtener protección, y sean parte del Convenio Europeo de Patentes.
- ***Vía Nacional***, mediante la presentación de una solicitud de patente para cada uno de los estados que se desea obtener protección.

### **4.2.1 La vía PCT**

El Tratado de Cooperación en materia de Patentes (Patent Cooperation Treaty: PCT) es un Tratado multilateral, en vigor desde 1978, y es administrado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

Los Estados partes del Tratado constituyen una Unión para cooperar a la presentación, búsqueda y examen de las solicitudes de patentes.

El PCT facilita la tramitación de las solicitudes para la protección de las invenciones cuando dicha protección es deseada en varios países, estableciendo un sistema por el que la presentación de una solicitud única produce los mismos efectos que si dicha solicitud hubiera sido presentada en cada uno de los países deseados y designados por el interesado.

No se trata de un procedimiento de concesión de patentes ni sustituye a las concesiones nacionales, sino que es un sistema de unificación de la tramitación previa a la concesión, que sustituye a la tramitación país por país y abarata costes.

El Tratado contempla una oficina encargada de recibir las solicitudes internacionales y que examina los aspectos formales de la documentación y la remite a la Oficina Internacional de la Organización (OMPI) y a la Administración encargada de la Búsqueda Internacional (ISA) para el correspondiente informe sobre las anterioridades que afecten a la solicitud.

A la vista del informe, el solicitante podrá continuar la tramitación en las oficinas nacionales de cada Estado designado en la solicitud (oficina designada).

### **4.2.2 La vía Europea**

El Convenio de la patente Europea (CPE) es un tratado internacional adoptado tras la conferencia diplomática de Munich el 5 de Octubre de 1973 que entró en vigor para España el 1 de Octubre de 1986, fecha en que nuestro país comenzó a ser designado en las solicitudes de patente europea.

Mediante este Convenio se crea la Organización Europea de Patentes, que constituye el resultado de la voluntad política colectiva de los países europeos de establecer un sistema de patentes uniforme en Europa.

El Convenio de la patente Europea crea un sistema centralizado de concesión de patentes abierto a todos los países europeos de cuya gestión se encarga la Oficina Europea de Patentes.

### **4.2.3 Creación de nuestra propia patente**

A la hora de realizar la patente del protocolo de descubrimiento de gateways escogeremos una patente nacional que a efectos legales tiene los mismos efectos que una patente europea o una patente PCT, además según lo

dispuesto en el artículo 80.1 de la ley orgánica 6/2001 de Universidades, las universidades públicas españolas están exentas del pago de tasas de solicitud y mantenimiento de patentes y modelos de utilidad.

Para la obtención de una patente será preciso presentar una solicitud con la siguiente documentación:

- a. Una instancia dirigida al Director de la Oficina Española de Patentes y Marcas (O.E.P.M.); esta instancia es uno de los impresos normalizados que facilita la propia oficina junto con la carpeta del expediente.
- b. Una descripción de la invención para la que se solicita la patente.
- c. Una o varias reivindicaciones.
- d. Los dibujos a los que se refieran la descripción o las reivindicaciones, cuando ello se considere necesario.
- d. Un resumen de la invención.

En el Anexo I se muestra cuales son las pautas y requisitos de redacción de cada uno de los apartados anteriores necesarios para presentar una solicitud de patente.

#### 4.2.3.1 Fases del procedimiento

La ley 11/1986 de patentes establece dos procedimientos de concesión de patentes:

- un **procedimiento general** (Fig. 4.1), en el que se elabora un Informe sobre el Estado de la Técnica (IET) cuyo objetivo es dar a conocer, con carácter meramente informativo, los antecedentes de la invención que sean necesarios para valorar la novedad y la actividad inventiva de la misma.
- un **procedimiento de concesión con examen previo**, en el que se realiza además un examen de fondo de los requisitos de novedad y actividad inventiva así como de la suficiencia de la descripción. Este último procedimiento de concesión es de carácter optativo de forma que el solicitante, una vez publicado el Informe sobre el Estado de la Técnica, puede escoger entre continuar por el procedimiento general o bien por la realización del examen de fondo.

Conviene resaltar que en el caso de que la tramitación de la solicitud de patente tenga lugar por el procedimiento general, una vez terminadas las distintas fases de su tramitación, se concederá la patente independientemente del contenido del IET. Sin embargo, en el caso de que la tramitación se realice por el procedimiento con examen previo, la concesión o denegación de la patente está condicionada al resultado del examen de fondo y a la subsanación de las objeciones señaladas en el mismo.

Ambos procedimientos de concesión presentan una primera fase de tramitación común, hasta la publicación del Informe sobre el Estado de la Técnica. Se describen a continuación las etapas comunes a ambos procedimientos y, posteriormente, las relativas a cada uno de ellos por separado.

#### **4.2.3.1.1 Etapas comunes a los dos procedimientos de concesión**

##### **■Admisión a trámite y otorgamiento de fecha de presentación.**

Dentro de los diez días siguientes a la recepción de la solicitud de patente en la O.E.P.M., se procede a examinar si reúne los requisitos para poder otorgarle una fecha de presentación. Se notifican al solicitante las deficiencias detectadas en su solicitud, otorgándole un plazo de diez días para su corrección; de no hacerlo se considerará desistida su solicitud. Si subsana los defectos detectados la fecha de presentación queda modificada, pasando a ser la fecha en la que haya presentado la nueva documentación.

##### **■Examen de la solicitud.**

Una vez adjudicada fecha de presentación y transcurridos dos meses durante los cuales la solicitud se mantiene en secreto, se procede al examen de la misma.

Si existe algún defecto, la Oficina Española de Patentes y Marcas lo comunica al solicitante para que en el plazo de dos meses subsane los mismos. Si el solicitante no lo hace se deniega la patente. La documentación debe enviarse a la O.E.P.M. indicando claramente el número de la solicitud de patente, con el fin de que quede convenientemente registrada su llegada. La contestación al suspenso da origen al pago de la tasa correspondiente.

##### **■Continuación de procedimiento.**

Si la solicitud no contiene defectos o una vez subsanados éstos, la O.E.P.M. comunica al solicitante mediante la notificación de continuación de procedimiento que debe pedir la realización del Informe sobre el Estado de la Técnica (IET). La petición debe realizarse por escrito (para lo cual la Oficina dispone de un formulario a tal efecto) y abonar la tasa correspondiente. Tanto esta petición como el pago de la tasa se puede hacer desde el inicio de la tramitación del expediente, disponiendo para ello de un plazo de quince meses desde la fecha de presentación de la solicitud o, sino lo hubiera hecho dentro de este plazo, la O.E.P.M. le comunicará la obligación de solicitar el I.E.T., para lo cual se le otorga el plazo de un mes. En caso de no pedir la realización del IET, la solicitud se considerará retirada.

##### **■Publicación de la solicitud y del IET.**

Una vez solicitado el informe sobre el Estado de la Técnica, la O.E.P.M. procede a su realización. Transcurridos dieciocho meses desde la fecha de solicitud o de prioridad en su caso, la Oficina Española de Patentes y Marcas pone a disposición del público la solicitud de patente, realizando el correspondiente anuncio en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial (BOPI), y simultáneamente publica un folleto con el contenido íntegro de la solicitud de patente junto con el IET.

■ **Traslado al solicitante del IET. Interrupción del procedimiento.**

Junto con la publicación de los folletos de solicitud e IET, la O.E.P.M. da traslado al solicitante del Informe sobre el Estado de la Técnica así como de los documentos citados en el mismo. La mención en el BOPI de la publicación del IET da lugar a la interrupción del procedimiento de concesión por un periodo de seis meses durante el cual el solicitante tiene las siguientes opciones:

- solicitar la realización del examen previo
- solicitar la reanudación del procedimiento general de concesión.

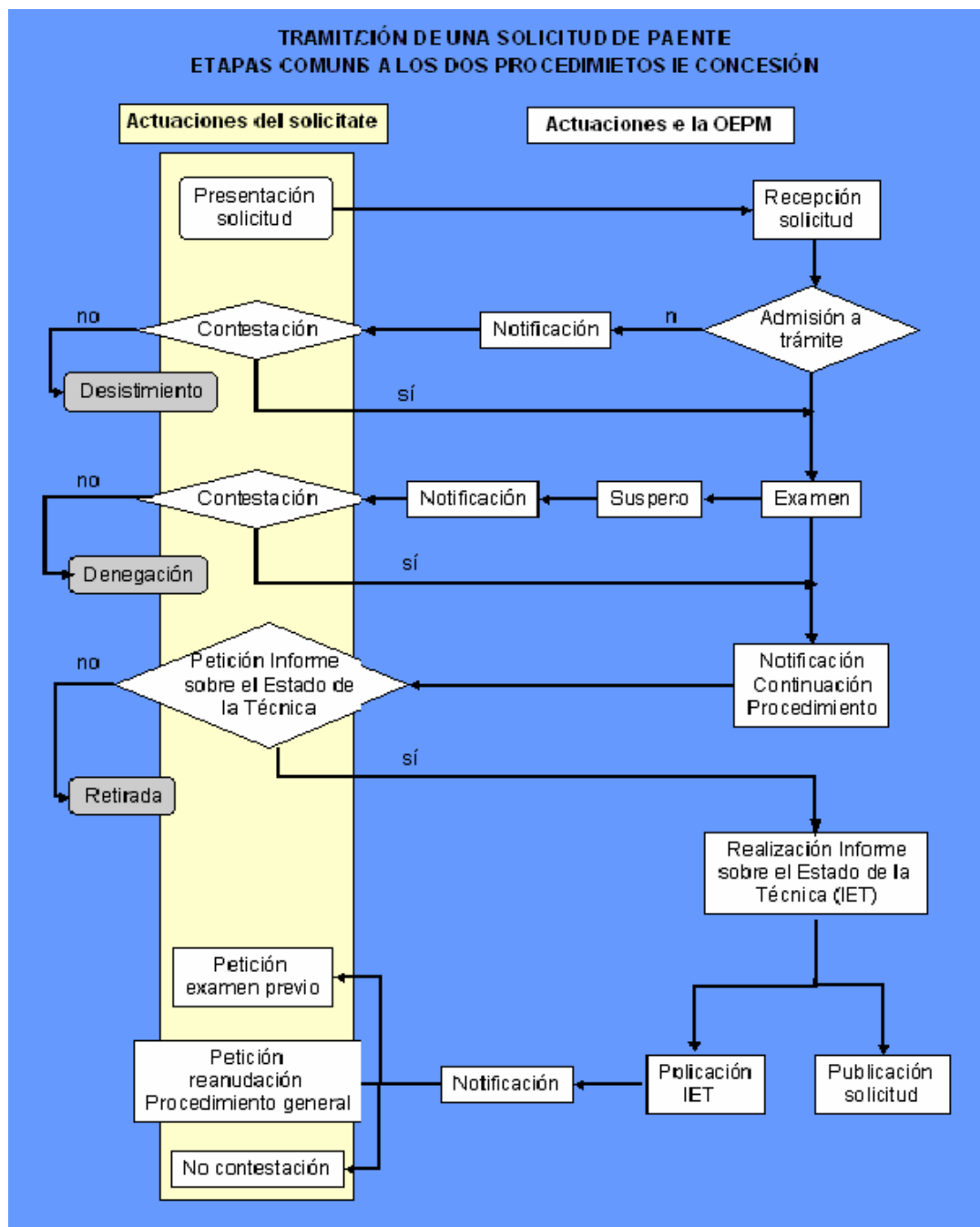


Fig. 4.1 Etapas comunes a los dos procedimientos de concesión

#### 4.2.3.1.2 Continuación por el procedimiento general de concesión

##### ●Reanudación del procedimiento general. Observaciones de terceros.

Tanto en el caso de que el solicitante lo haya pedido expresamente, como en el caso de no haber realizado ninguna acción, la O.E.P.M. publicará la mención en el BOPI de que se reanuda el procedimiento general de concesión. Con dicha publicación, se abre un plazo de dos meses para que cualquier tercero pueda formular observaciones, debidamente razonadas y documentadas, sobre la novedad y la actividad inventiva de la invención en base al Informe sobre el Estado de la Técnica.

##### ●Traslado de observaciones. Modificación de reivindicaciones.

Finalizado el plazo de observaciones, la O.E.P.M. da traslado de las mismas al solicitante, abriéndose un nuevo plazo de dos meses para que formule las observaciones que estime pertinentes al IET, haga los comentarios que crea oportunos frente a las observaciones de terceros y modifique, si lo estima conveniente, las reivindicaciones para obviar una posible falta de novedad o actividad inventiva. Se debe tener en cuenta que esta modificación de reivindicaciones no puede suponer un aumento del objeto de la invención.

##### ●Concesión de la patente.

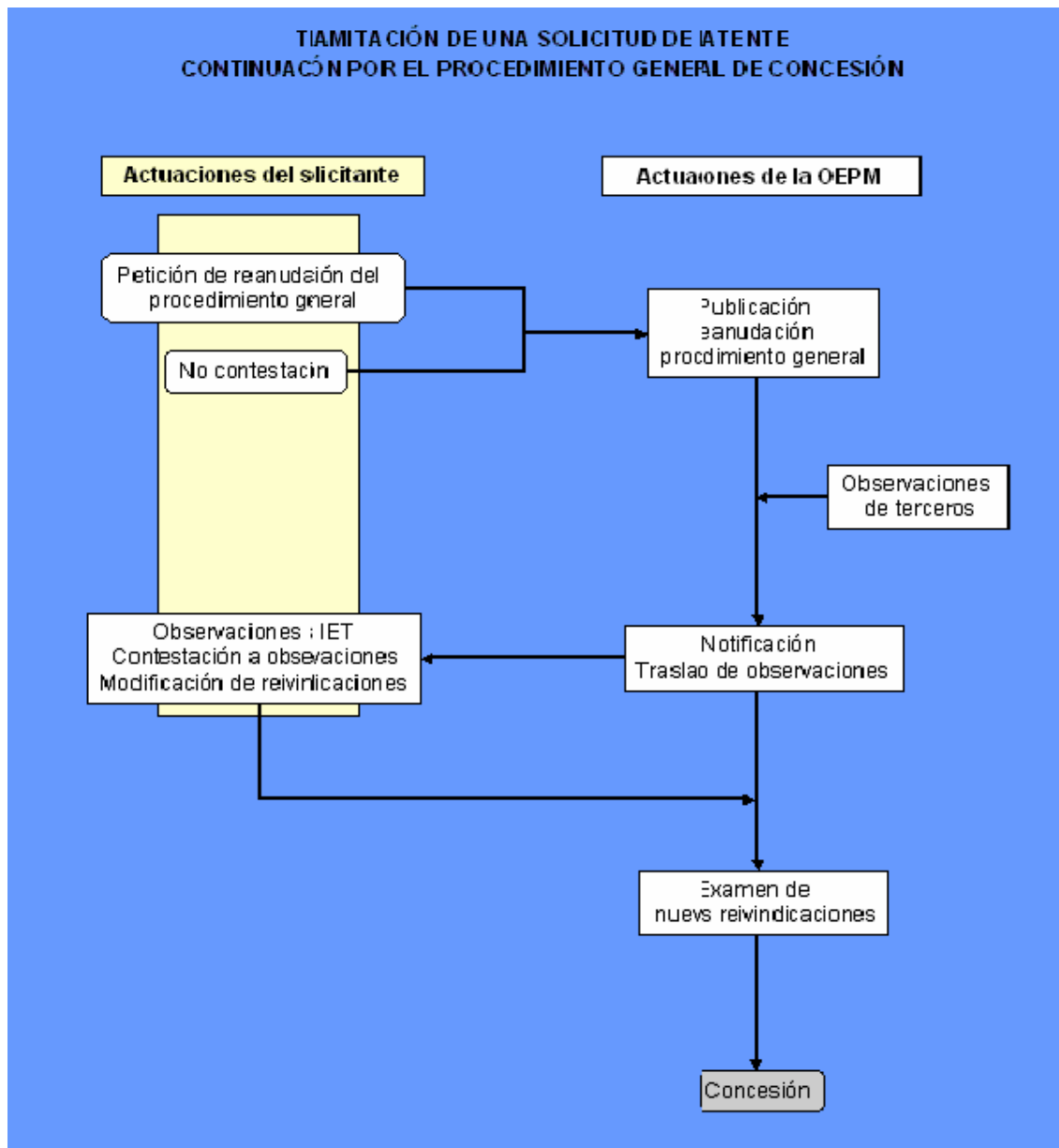
Finalizado el plazo señalado, la Oficina examinará, en su caso, la modificación de reivindicaciones. Si las nuevas reivindicaciones no pueden ser admitidas, por suponer un aumento o una modificación del objeto de la invención, la O.E.P.M. lo notificará al solicitante para que en el plazo de 10 días formule las alegaciones que estime convenientes.

Por último, y con independencia del contenido del Informe sobre el estado de la técnica y de las observaciones formuladas, la O.E.P.M. procede a la concesión de la patente, anunciándolo en el BOPI y poniendo a disposición del público los documentos de la patente concedida junto con el IET y todas las observaciones y comentarios referentes a dicho informe.

La concesión implica el pago de los derechos de concesión; abonados éstos, se expide el correspondiente Título de Patente.

Los pasos seguidos en el procedimiento general de concesión se ven esquematizados en la siguiente figura (Fig. 4.2)





**Fig. 4.2** Procedimiento general de concesión

#### 4.2.3.1.3 Continuación por el procedimiento de concesión con examen previo

**●Reanudación del procedimiento de concesión con examen previo.**

Si el solicitante realiza la petición de realización de examen previo y abona la tasa correspondiente, la Oficina publicará en el Boletín Oficial de Propiedad Industrial (BOPI) la reanudación del procedimiento de concesión con examen previo. Junto con la petición de realización de examen, el solicitante podrá presentar (por triplicado) un nuevo juego de reivindicaciones modificadas, a fin de obviar las posibles objeciones de falta de novedad y actividad inventiva que se pueden deducir del IET. Se debe tener en cuenta que dicha modificación no

puede referirse a elementos que no hayan sido objeto de búsqueda y que no pueden suponer un aumento del objeto de la invención.

#### ●Oposiciones de terceros

La publicación de la reanudación del procedimiento con examen previo abre un plazo improrrogable de dos meses para que cualquier interesado pueda oponerse a la concesión de la patente alegando, de forma razonada y documentada, la falta de cualquiera de los requisitos exigidos para la concesión, incluyendo la falta de novedad y/o actividad inventiva o la suficiencia de la descripción.

#### ●Examen de fondo

Una vez transcurrido el plazo de presentación de oposiciones, la O.E.P.M. procederá al examen de fondo de la solicitud, esto es, el examen de la novedad, la actividad inventiva y la suficiencia de la descripción.

Si no se hubieran presentado oposiciones y del examen realizado no resulte la falta de ningún requisito que lo impida, la O.E.P.M. concederá la patente solicitada.

#### ●Traslado de los resultados del examen y de las oposiciones presentadas.

Si se presentaran oposiciones o del examen realizado resultase la falta de algún requisito que impida la concesión de la patente, la O.E.P.M. notificará al solicitante las objeciones existentes y le dará traslado de las oposiciones presentadas. En el plazo de dos meses desde la recepción de la notificación, el solicitante podrá modificar la descripción y las reivindicaciones en base al resultado del examen así como contestar a las oposiciones presentadas. En caso contrario, se denegará la solicitud de patente.

Aún cuando no se hayan presentado objeciones por parte de la O.E.P.M. pero sí existan oposiciones de terceros, el solicitante está obligado a contestar a dichas oposiciones. De no ser así, la Oficina denegará la patente solicitada.

#### ●Examen de las modificaciones. Resolución motivada.

Transcurrido el plazo mencionado, la O.E.P.M. examinará las modificaciones presentadas por el solicitante y/o la contestación a las oposiciones de terceros.

Si subsisten objeciones que impidan la concesión de la patente, la Oficina las notificará al solicitante mediante resolución motivada otorgando un plazo de un mes para subsanarlas.

#### ●Resolución del expediente.

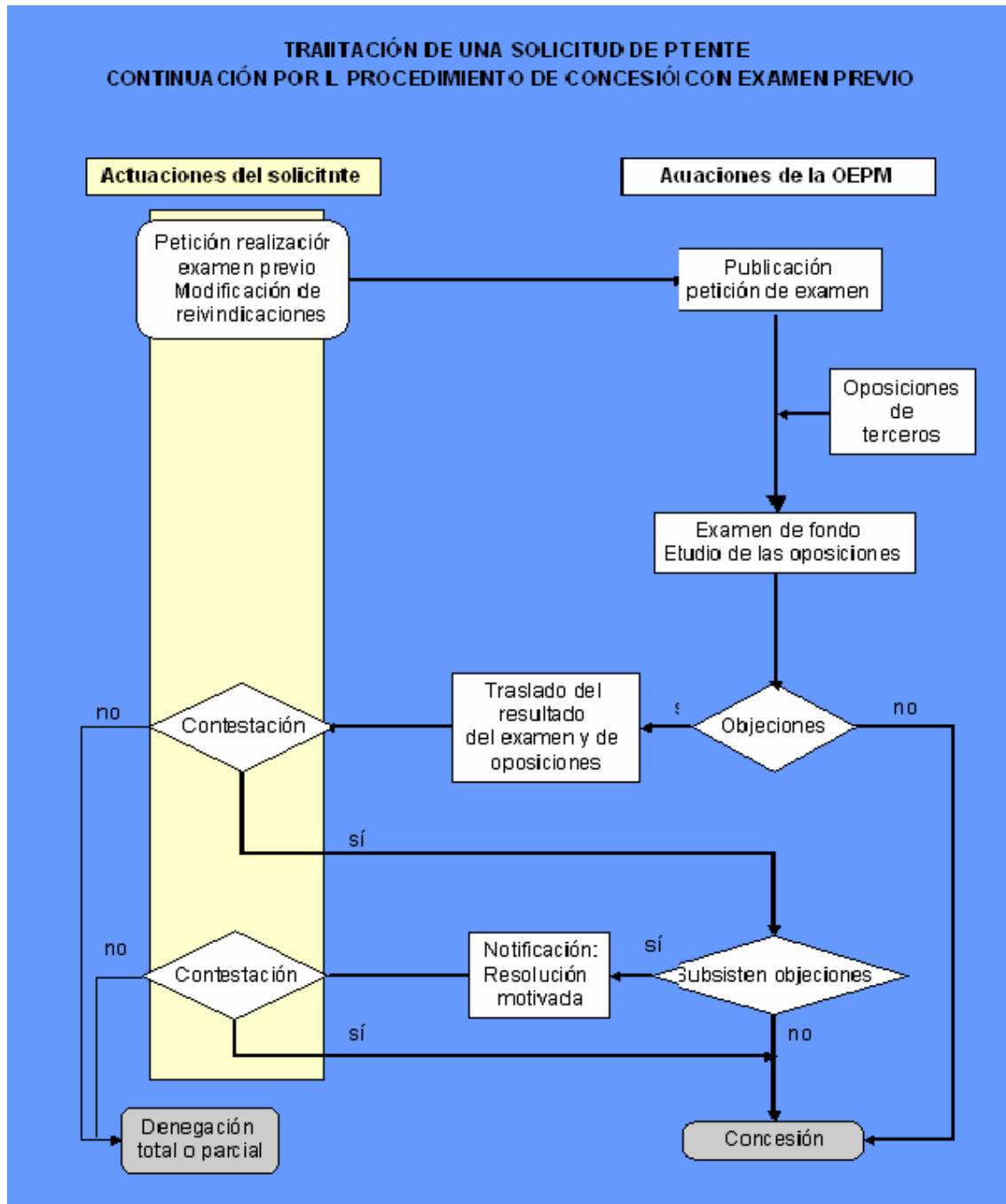
La O.E.P.M. procederá a la concesión de la patente cuando la contestación a las objeciones presentadas tanto como resultado del examen y/o oposiciones de terceros como, en su caso, a la resolución motivada, hayan sido debidamente subsanadas.

En el anuncio de la concesión de la concesión en el BOPI se incluirá la mención de que la misma se ha realizado con examen previo de la novedad y la actividad inventiva de la invención que constituye su objeto.

La concesión implica el pago de los derechos de concesión; abonados éstos, se expide el correspondiente Título de Patente.

La O.E.P.M. denegará la solicitud de patente si el solicitante no responde a las notificaciones realizadas o si no se subsanan adecuadamente las objeciones presentadas

A continuación mostramos un esquema con los pasos que sigue la tramitación de una solicitud de patente por el procedimiento de concesión con examen previo (Fig. 4.3)



**Fig. 4.3** Procedimiento de concesión con examen previo

## IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

En nuestra vida diaria nos podemos encontrar dispositivos como por ejemplo un mando a distancia, un teléfono móvil o un portátil con conexión WIFI, etc. y con los cuales ya estamos familiarizados. Todos estos dispositivos tienen un denominador común y es que envían sus señales utilizando el espectro electromagnético. Esto añade una clara ventaja y es que no se necesita de infraestructura para poder funcionar. A nivel medio ambiental, esto comporta una gran mejora, ya que se puede evitar las construcciones de infraestructuras que modifiquen el medio ambiente.

Podemos decir que este tema siempre esta de actualidad, ya que existen y se realizan cantidad de estudios en los cuales se afirma o se desmiente el impacto nocivo (dolores de cabeza, insomnio, malestar, etc...) que pueden tener hacia la salud de las personas, las ondas electromagnéticas utilizadas por estos dispositivos. En el ojo del huracán se encuentran las antenas de telefonía móvil.

A pesar de no tener estudios contrastados del efecto de este tipo de dispositivos inalámbricos, todos los valores que emiten las antenas radioeléctricas y los límites de exposición a estas emisiones, están reguladas por el consejo europeo, Estos valores están muy por debajo de los mínimos que representan algún efecto nocivo para el ser humano, así que, hasta que nuevos estudios demuestren lo contrario, todas estas emisiones son totalmente inocuas para el ser humano.

## CONCLUSIONES

Como conclusiones generales, una vez finalizado el TFC podemos decir que la mayor parte de los objetivos propuestos inicialmente se han cumplido.

Hemos visto, analizado y comparado los distintos mecanismos de descubrimiento de gateways que existen actualmente (proactivo, reactivo e híbrido).

Dado el gran crecimiento que han experimentado las aplicaciones en tiempo real, como la telefonía por Internet, las videoconferencias, etc; a través de la red, ha hecho que investigadores centrarán su esfuerzo en desarrollar un nuevo protocolo de descubrimiento de gateways (protocolo adaptativo) en el que se tiene en cuenta la calidad de servicio de los flujos de estas aplicaciones. Parte de este proyecto se ha centrado en el estudio de este nuevo protocolo, viendo que mejora substancialmente todos los parámetros comparados, respecto a los mecanismos de descubrimiento de gateways existentes.

A partir de los diferentes estudios realizados y basándonos en los conocimientos adquiridos, han hecho que un punto importante de este proyecto sea la realización de un nuevo protocolo de descubrimiento de gateways basado en el protocolo adaptativo que mejorase, si fuera posible sus prestaciones.

Este punto, finalmente, no se a logrado por completo, ya que nuestro mecanismo propuesto, aunque mejora los parámetros estudiados respecto a los mecanismos existente, nunca llega a superar al modelo adaptativo, siendo este último siempre más eficiente. Este hecho se debe a que en el momento del diseño del mecanismo se priorizo mantener durante un periodo mayor de tiempo mensajes de advertencia de los gateways.

Por lo tanto no hemos conseguido aportar una mejora del modelo adaptativo pero si una variante del mismo que comparte su filosofía y permite a los nodos disponer de información de los gateways más tiempo un periodo de congestión de la red.

La realización y obtención de las simulaciones nos ha llevado un periodo largo de tiempo con el NS. La obtención de cada punto de las gráficas, requiere de un gran número de simulaciones para tener muchas muestras de posibles valores y así obtener un promedio fiable.

Finalmente, viendo que los dos protocolos suponían una innovación tecnológica y que cumplían los requisitos para realizar una patente, se realiza el estudio de los pasos a seguir, de los diferentes modelos de patentes existentes , y se ha procedido a cumplimentar los tramites necesarios, obteniendo un solicitud de patente que cumple todos los requisitos para ser presentada en la OEPM.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Mari Carmen Domingo, "Diferenciación de servicios y mejora de la supervivencia en redes ad hoc conectadas a redes fijas", tesis doctoral, Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad Politécnica de Cataluña, 2005.
- [2] M. C. Domingo, "Service Differentiation Via Adaptive Gateway Discovery in Ad Hoc Networks Connected to Wired Networks", 5th International IFIP-TC6 Networking Conference (Networking 2006), Coimbra, Portugal, vol. 3976 of Lecture Notes in Computer Science, Berlin, 2006, Springer Verlag, pp. 13-24, ISBN 3-540-34192-7
- [3] RFC de los distintos protocolos, <http://www.ietf.org/>.
- [4] RFC de distintos protocolos, <http://www.fags.org/rfcs/rfc3561.html>
- [5] C. E. Perkins, E. M. Belding-Royer, and S. R. Das, "Ad Hoc On Demand Distance Vector (AODV) Routing, IETF Internet draft, draft-ietf-manet-aodv-13.txt, February 2003 (Work in Progress).
- [6] Información sobre PFC y TFC, <http://biblioteca.upc.es/>
- [7] Pedro M. Ruiz, "Introducción y estado del arte en redes *ad-hoc*" <http://ants.dif.um.es/staff/pedrom/papers/Intro-adhoc-doctorado.pdf>.
- [8] The Network Simulator - ns-2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [9] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, <http://www.oepm.es/>.

## **ANEXOS**

A continuación mostramos los documentos oficiales necesarios para poder presentar la solicitud de patente del nuevo protocolo adaptativo.



NÚMERO DE SOLICITUD

(1) MODALIDAD:

**PATENTE DE INVENCION**       **MODELO DE UTILIDAD**

(2) TIPO DE SOLICITUD:

ADICIÓN A LA PATENTE  
 SOLICITUD DIVISIONAL  
 CAMBIO DE MODALIDAD  
 TRANSFORMACIÓN SOLICITUD PATENTE EUROPEA  
 PCT: ENTRADA FASE NACIONAL

(3) EXP. PRINCIPAL O DE ORIGEN:

MODALIDAD  
 N ° SOLICITUD  
 FECHA SOLICITUD

FECHA Y HORA DE PRESENTACIÓN EN LA O.E.P.M.

FECHA Y HORA PRESENTACIÓN EN LUGAR DISTINTO O.E.P.M.

(4) LUGAR DE PRESENTACIÓN: **Barcelona**      CÓDIGO **08**

(5) SOLICITANTE (S): APELLIDOS O DENOMINACIÓN SOCIAL

**Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)**

NOMBRE

**UPC**

NACIONALIDAD

**española**

CÓDIGO PAÍS

**ES**

DNI/CIF

**Q0818003F**

CNAE

**803**

PYME

**5**

(6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE:

DOMICILIO **Avda. del Canal Olímpico s/n**  
 LOCALIDAD **Castelldefels**  
 PROVINCIA **Barcelona**  
 PAÍS RESIDENCIA **España**  
 NACIONALIDAD **Española**

TELÉFONO **934137051**

FAX

CORREO ELECTRÓNICO **cdomingo@mat.upc.es**

CÓDIGO POSTAL **08860**

CÓDIGO PAÍS **ES**

CÓDIGO PAÍS **ES**

(7) INVENTOR (ES):

APELLIDOS

**Domingo Aladrén**

NOMBRE

**Mari Carmen**

NACIONALIDAD

**Española**

CÓDIGO PAÍS

**ES**

(8)  EL SOLICITANTE ES EL INVENTOR

EL SOLICITANTE NO ES EL INVENTOR O ÚNICO INVENTOR

(9) MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO:

INVENC. LABORAL

CONTRATO

SUCESIÓN

(10) TÍTULO DE LA INVENCION:

**Mecanismo de descubrimiento de gateways para la diferenciación de servicios entre redes ad hoc y redes fijas**

(11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:

SI

NO

(12) EXPOSICIONES OFICIALES: LUGAR

FECHA

(13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:  
 PAÍS DE ORIGEN

CÓDIGO PAÍS

NÚMERO

FECHA

(14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS PREVISTO EN EL ART. 162. LEY 11/86 DE PATENTES

(15) AGENTE /REPRESENTANTE: NOMBRE Y DIRECCIÓN POSTAL COMPLETA. (SI AGENTE P.I., NOMBRE Y CÓDIGO) (RELLÉNESE, ÚNICAMENTE POR PROFESIONALES)

(16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:

DESCRIPCIÓN N° DE PÁGINAS: **6**       DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN  
 N° DE REIVINDICACIONES: **2**       JUSTIFICANTE DEL PAGO DE TASA DE SOLICITUD  
 DIBUJOS. N° DE PÁGINAS: **2**       HOJA DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA  
 LISTA DE SECUENCIAS N° DE PÁGINAS:       PRUEBAS DE LOS DIBUJOS  
 RESUMEN       CUESTIONARIO DE PROSPECCIÓN  
 DOCUMENTO DE PRIORIDAD       OTROS:  
 TRADUCCIÓN DEL DOCUMENTO DE PRIORIDAD

FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE

(VER COMUNICACIÓN)

FIRMA DEL FUNCIONARIO

NOTIFICACIÓN SOBRE LA TASA DE CONCESIÓN:

Se le notifica que esta solicitud se considerará retirada si no procede al pago de la tasa de concesión; para el pago de esta tasa dispone de tres meses a contar desde la publicación del anuncio de la concesión en el BOP, más los diez días que establece el art. 81 del R.D. 2245/1986.



# INSTRUCCIONES PARA CUMPLIMENTAR LA INSTANCIA DE SOLICITUD

- **NO RELLENAR LOS ESPACIOS ENMARCADOS EN ROJO. SON PARA LA ADMINISTRACIÓN.**

## (1) MODALIDAD

Señale el recuadro correspondiente.

## (2) TIPO DE SOLICITUD

En caso de que la modalidad solicitada sea de alguno de estos tipos, señale el recuadro correspondiente.

## (3) EXPEDIENTE PRINCIPAL O DE ORIGEN

Si en (1) ha marcado un tipo de solicitud, indíquese la modalidad (patente o modelo), número (con su dígito de control) y fecha de solicitud del expediente principal o de origen.

## (4) LUGAR DE PRESENTACIÓN

Indíquese el lugar en que se presenta la solicitud con su código correspondiente. La tabla de códigos de provincias figura a la derecha de este impreso.

## (5) SOLICITANTES

Si existiera más de un solicitante, rellénesse este apartado de forma que se distingan claramente cada uno de ellos.

Para ello, cada solicitante comenzará en el margen izquierdo precedido de un número secuencial de orden. Si faltara espacio, utilícese las hojas de información complementaria.

### - Apellidos o denominación social.

En el caso de ser el solicitante una persona jurídica, indíquese la denominación completa de ésta.

En el caso de personas físicas, indíquese los dos apellidos.

### - Nombre.

Rellénesse únicamente para personas físicas.

### - Nacionalidad.

Indíquese ésta.

### - Código país.

Indíquese el código de la nacionalidad. Los códigos están reseñados a la derecha de este impreso, en la tabla "códigos de países".

### - D.N.I./C.I.F.

Las personas físicas indicarán su D.N.I. Si se fuera extranjero indíquese el número de un documento identificativo (pasaporte, etc.).

Las personas jurídicas indicarán su C.I.F.

### - CNAE

Las personas jurídicas facilitarán los tres primeros dígitos de su CNAE (Real Decreto 1560/92, de 18 de diciembre).

### - PYME

Las personas jurídicas habrán de contestar con un dígito: [1] *Microempresa* (menos de 10 trabajadores), volumen anual de negocio inferior a 1.165 millones de ptas. -o balance general anual inferior a 832 millones de ptas.- [2] *Pequeña empresa* (similar a la microempresa, salvo entre 10 y 49 trabajadores). [3] *Mediana empresa* (entre 50 y 249 trabajadores, volumen anual de negocio inferior a 6.655 millones de ptas. -o balance anual inferior a 4.492 millones de ptas.- y criterio de independencia). [4] *La empresa no es PYME*. [5] *La persona jurídica no es empresa. Criterio de independencia:* no está participada en un 25% o más por empresas que no reúnan las características anteriores, salvo si éstas son empresas públicas de inversión, empresas de capital-riesgo o, siempre que no se ejerza control, inversores institucionales.

## (6) DATOS DEL PRIMER SOLICITANTE

Los datos cumplimentados en este apartado, servirán para el envío por la O.E.P.M. de las posibles comunicaciones, en el caso de que la tramitación no la realice por mediación de un Agente de la Propiedad Industrial, debidamente colegiado.

- Domicilio, localidad y provincia.

Indíquese los datos completos de localización.

- País de residencia.

El código del país es el que corresponda según la tabla de códigos que figura a la derecha de este impreso.

- Nacionalidad del solicitante.

El código del país es el que corresponda según la tabla de códigos de países que figura a la derecha de este impreso.

## (7) INVENTORES

- Apellidos. Indíquese los apellidos del inventor.

- Nombre. Indíquese el nombre del inventor.

- Nacionalidad del inventor.

- Indíquese ésta. El código del país es el que corresponda según la tabla de códigos de países que figura a la derecha de este impreso.

- En el caso de existir más de un inventor, rellénesse este apartado de forma que se distingan claramente cada uno de ellos. Para ello cada inventor comenzará en el margen izquierdo precedido de un número secuencial de orden.

En caso de ser necesario, por falta de espacio, utilícese las hojas de información complementaria.

## (8) Señálese el recuadro que corresponda.

## (9) Únicamente señálese el recuadro correspondiente en el caso de que en el apartado (8) haya señalado que el solicitante no es el inventor o el único inventor.

## (10) TÍTULO DE LA INVENCION

Describase de la manera mas clara y concisa la designación técnica de la invención que deberá ser congruente con las reivindicaciones. Máximo 234 caracteres.

## (11) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA

Señálese claramente el recuadro que proceda.

## (12) EXPOSICIONES OFICIALES

En el supuesto de que la invención hubiera sido exhibida en exposiciones oficiales u oficialmente reconocidas, indíquese:

- Lugar.

Denominación de la exposición.

- Fecha.

Fecha de inicio de la exposición o fecha de la primera divulgación si éstas no fueran coincidentes.

En caso de ser necesario, por falta de espacio, utilícese las hojas de información complementaria.

## (13) DECLARACIONES DE PRIORIDAD

- País de origen.

Indique el país de origen de la prioridad que reivindica.

El código de país es el que corresponda según la tabla de códigos de países que figura a la derecha de este impreso.

- Número.

Número atribuido en el país del que se reivindica la prioridad.

- Fecha.

Fecha de solicitud en el país del que se reivindica prioridad.

- Numere cada prioridad que reivindica en el margen izquierdo.

En caso de ser necesario, por falta de espacio, utilice las hojas de información complementarias.

## (14) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASAS.

Debe aportar instancia y la documentación justificativa.

## (15) REPRESENTANTE

- Únicamente rellénesse en el caso de que la solicitud se presente por medio de un representante profesional. En caso de Agente de la Propiedad Industrial, indíquese el código.

## (16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN

Señale los recuadros correspondientes a los documentos que se acompañan e indíquese los números de páginas y reivindicaciones que correspondan.

La lista de secuencias se refiere a secuencias de aminoácidos y/o nucléótidos.

## CÓDIGOS DE PROVINCIAS

01	Álava
02	Albacete
03	Alicante
04	Almería
05	Ávila
06	Badajoz
07	Illes Balears
08	Barcelona
09	Burgos
10	Cáceres
11	Cádiz
12	Cast. de la Plana
13	Ciudad Real
14	Córdoba
15	A Coruña
16	Cuenca
17	Girona
18	Granada
19	Guadalajara
20	Guipúzcoa
21	Huelva
22	Huesca
23	Jaén
24	León
25	Lleida
26	La Rioja
27	Lugo
28	Madrid
29	Málaga
30	Murcia
31	Navarra
32	Ourense
33	Asturias
34	Palencia
35	Las Palmas
36	Pontevedra
37	Salamanca
38	Sta. Cruz Tenerife
39	Cantabria
40	Segovia
41	Sevilla
42	Soria
43	Tarragona
44	Teruel
45	Toledo
46	Valencia
47	Valladolid
48	Vizcaya
49	Zamora
50	Zaragoza
51	Ceuta
52	Melilla

## CÓDIGOS DE PAISES ORGANIZACIONES INTERGUBERNAMENTALES (Según Norma ST. 3 de OMP)

AT	Austria
AU	Australia
BE	Bélgica
CA	Canadá
CH	Suiza
DE	Alemania
DK	Dinamarca
EM	OAMI
ES	España
FI	Finlandia
FR	Francia
GB	Reino Unido
GR	Grecia
IE	Irlanda
IT	Italia
JP	Japón
LU	Luxemburgo
NL	Países Bajos
NO	Noruega
PT	Portugal
SE	Suecia
US	Estados Unidos
WO	OMPI



12

## SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION

21

NÚMERO DE SOLICITUD

31

NÚMERO

DATOS DE PRIORIDAD

32

FECHA

33

PAÍS

22

FECHA DE PRESENTACIÓN

62

PATENTE DE LA QUE ES  
DIVISORIA

71

SOLICITANTE (S)

**Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)**

DOMICILIO **Avda. del Canal Olímpico s/n 08860 Castelldefels**

NACIONALIDAD **Española**

72

INVENTOR (ES) **Mari Carmen Domingo Aladrén**

51

Int. Cl.

GRÁFICO (SÓLO PARA INTERPRETAR RESUMEN)

54

TÍTULO DE LA INVENCION

**Mecanismo de descubrimiento de gateways para la diferenciación de servicios entre redes ad hoc y redes fijas**

57

RESUMEN

**Mecanismo de descubrimiento de gateways para la diferenciación de servicios entre redes ad hoc y redes fijas.**

Quando un nodo localizado en una red ad hoc desea tener acceso a Internet, debe obtener información sobre los gateways disponibles y seleccionar el más apropiado de todos ellos. Se propone un nuevo mecanismo de descubrimiento de gateways adecuado para aplicaciones de tiempo real que ajusta la frecuencia de envío de mensajes de aviso, (Gateway Advertisements, GWADVs), dinámicamente. Este ajuste está relacionado con el porcentaje de fuentes de tiempo real que tienen problemas de calidad de servicio debido a unos retardos extremo a extremo excesivos.

En comparación con los mecanismos de descubrimiento de gateways existentes (proactivo, reactivo e híbrido), el mecanismo propuesto mejora los retardos extremo a extremo, jitter, y tasa de entrega de paquetes para los flujos de tiempo real significativamente; además se reduce el tráfico de señalización (encaminamiento) y no se produce inanición del tráfico de best-effort.

MECANISMO DE DESCUBRIMIENTO DE GATEWAYS PARA LA  
DIFERENCIACIÓN DE SERVICIOS ENTRE REDES AD HOC Y REDES FIJAS

SECTOR DE LA TÉCNICA

5           La siguiente invención se refiere a un mecanismo de descubrimiento de gateways para redes ad hoc conectadas a redes fijas, gracias al cual se consigue una mejora de la calidad de servicio (QoS) para los flujos de tráfico de tiempo real entre la red ad hoc y la red fija. El sector de la técnica en el cual se encuadra esta invención es el diseño y evaluación de protocolos de redes en el área de la ingeniería telemática.

10

ESTADO DE LA TÉCNICA

          Son conocidos diferentes mecanismos de descubrimiento de gateways para hacer posible la interconexión entre redes ad-hoc y redes fijas, tales como los mecanismos reactivos, pro-activos e híbridos.

          Estos mecanismos presentan una serie de desventajas; los mecanismos reactivos sólo descubren gateways cuando un nodo de la red ad hoc desea enviar tráfico a la red fija, con lo cual la latencia en el procedimiento de descubrimiento de ruta es elevada; otros mecanismos como los pro-activos e híbridos introducen continuamente tráfico en la red ad hoc para conocer la posición de los gateways, con lo cual si esta red se encuentra congestionada, disminuye la calidad de servicio en las transmisiones. Además, estos mecanismos tratan todo el tráfico de la misma forma y no consideran las diferencias existentes en el envío de tráfico de tiempo real y tráfico best-effort.

          Para evitar los inconvenientes de estos mecanismos, la titular de la presente invención, Dra. Mari Carmen Domingo Aladrén, desarrolló un nuevo mecanismo de descubrimiento de gateways cuyas características fundamentales son las siguientes: capacidad de detección y reacción frente a la congestión, capacidad de mejora de la calidad de servicio de los flujos de tiempo real en presencia de congestión.

          Diferentes estudios han desarrollado métodos de descubrimiento de gateways entre redes ad hoc y redes fijas; no obstante ninguno de ellos ha tenido en cuenta la diferenciación de servicios y la mejora de la calidad de servicio de los flujos de tiempo real entre una red ad hoc y una red fija; en consecuencia, se ha ideado un nuevo esquema de descubrimiento de gateways cuyas características son el objeto de la presente invención.

35

## DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La siguiente propuesta consiste en el desarrollo de un mecanismo capaz de ofrecer interconexión entre redes ad-hoc y fijas gracias al descubrimiento de gateways; éste método es además capaz de contribuir a la diferenciación de los distintos flujos de tráfico existentes entre ambas redes, priorizando los flujos de aplicaciones en tiempo real al aplicar mecanismos de calidad de servicio extremo a extremo.

El método de descubrimiento de gateways propuesto funcionaría de la forma siguiente:

10 Se considera un escenario en el cual una red ad hoc está conectada a una red fija a través de varios gateways. Suponemos que varias fuentes de tráfico de best-effort y de tiempo real empiezan a enviar tráfico desde la red ad hoc hacia la red fija a través de algún gateway.

15 El protocolo de encaminamiento en la red ad hoc es AODV y se ha modificado tal y como describe el borrado de Internet “Global Connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks” para descubrir gateways. En este trabajo se propone un nuevo método de descubrimiento para encontrar un gateway, el cual se basa en el mecanismo híbrido. Por consiguiente, nuestro esquema define un rango de transmisión donde cada gateway envía periódicamente mensajes de anuncio (Gateway Advertisements, GWADV) y éstos se propagan a lo largo de una zona determinada y limitada (un cierto número de saltos más allá del gateway). Si un nodo móvil quiere conectividad a Internet y está fuera del alcance radio de los gateways y la zona de propagación de los mensajes de anuncio de los gateways, debe enviar un mensaje de petición de conexión a un gateway en modo broadcast al grupo de gateways en la red ad hoc. Los gateways deben contestar enviando una respuesta de vuelta y el protocolo de encaminamiento del nodo móvil selecciona la respuesta del gateway que le ofrezca la mejor ruta hacia Internet en términos de número de saltos, tal y como corresponde al funcionamiento normal del protocolo de encaminamiento de la red ad hoc AODV.

30 Los nodos de la red fija monitorizan periódicamente el retardo extremo a extremo de los flujos de tráfico de tiempo real. Para calcular este retardo se introduce una marca temporal “timestamp” en la cabecera del protocolo de la aplicación en tiempo real (RTP, Real Time Protocol) y cuando el mensaje llega a su destino en la red fija se calcula la diferencia de tiempo entre instante de tiempo inicial del mensaje y el

momento actual. Para que este procedimiento funcione resulta necesario que los nodos origen y destino puedan sincronizarse mutuamente mediante GPS.

La ITU-T recomienda en su estándar G. 114 que el retardo extremo a extremo de los flujos de tiempo real se mantenga por debajo de los 150 ms para conseguir una  
 5 calidad adecuada. Los retardos entre 150 ms y 400 ms son aceptables siempre y cuando los administradores de red conozcan el impacto existente en la calidad de servicio y la latencia por encima de los 400 ms se considera inaceptable.

Si el retardo de una fuente de tráfico de tiempo real es superior a 140 ms (se considera 140 ms porque la ITU-T recomienda mantener los retardos por debajo de los  
 10 150 ms y el sistema necesita un cierto tiempo de reacción), se envía un mensaje de QoS\_PERDIDA desde el destino a la fuente del tráfico de tiempo real (situada en la red ad hoc) advirtiéndole de que puede empezar a sufrir problemas de retardo.

Cuando un nodo en la red ad hoc recibe el mensaje QoS\_PERDIDA, activa el mecanismo de calidad de servicio para mejorar la calidad de servicio y evitar así un  
 15 aumento excesivo del retardo de este tipo de tráfico. A partir de aquí dependiendo del mecanismo de calidad de servicio utilizado los nodos actuarán de una forma u otra. Por ejemplo, una posible actuación consistiría en estrangular el tráfico de best-effort en la red ad hoc para reducir la congestión.

Por otro lado, el gateway comprueba periódicamente si ha recibido algún  
 20 mensaje de QoS\_PERDIDA durante los últimos  $\tau$  segundos de algún flujo de tiempo real que tenga problemas de retardo extremo a extremo, es decir, que padezca un retardo mayor de 140 ms. El gateway calcula:

$$\alpha(t) = P/F,$$

25 , donde  $P$  es el número de fuentes de tiempo real con retardos mayores a 140 ms.  $F$ , por su parte, es el número total de fuentes que transmiten tráfico de tiempo real usando ese gateway. Se marca un umbral  $\gamma$ , que puede estar entre 0 y 1.

Si  $\alpha(t) > \gamma$  el gateway no envía mensajes de aviso (GWADV) a la red ad hoc.  
 30 Esto es así porque si los flujos en tiempo real tienen problemas de calidad de servicio debido a una congestión excesiva, no es recomendable introducir más sobrecarga de tráfico en la red con estos mensajes, ya que empeoraría la situación.

Si  $\alpha(t) \leq \gamma$  se envían mensajes GWADV hacia la red ad-hoc.

El funcionamiento de este método hace que se tomen decisiones para intentar que no aumente la congestión en una red ad hoc con éste problema y de esta forma se consigue mejorar la calidad de servicio de los flujos de tiempo real. De este modo, cuando  $\alpha(t) \leq \gamma$  interpretamos que no hay congestión en nuestra red y procedemos al envío de GWADV.

El mecanismo propuesto mejora los retardos extremo a extremo, jitter, y tasa de entrega de paquetes para los flujos de tiempo real significativamente; además se reduce el tráfico de señalización (encaminamiento) y no se produce inanición del tráfico de best-effort.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para mejorar la comprensión de cuanto queda descrito en la presente memoria, se adjunta un dibujo de una red en el que, a título de ejemplo, se representa una situación en la que se puede utilizar dicho mecanismo.

El dibujo de la figura 1, representa un escenario con una red fija conectada a una red ad-hoc a través de dos gateways; suponemos que en esta red varias fuentes de tráfico de tiempo real y best-effort comienzan a enviar tráfico desde la red ad hoc hacia la red fija a través del gateway.

Si el retardo extremo a extremo de alguno de los flujos de tiempo real es superior a 140 ms, se enviarán mensajes de QoS\_PERDIDA hacia las fuentes de tiempo real situadas en la red ad hoc que tienen problemas para mantener su latencia por debajo del valor indicado. Esto es lo que sucede en la Fig.1. Cuando un nodo en la red ad hoc recibe un mensaje de QoS\_PERDIDA, debe estrangular su tráfico de best-effort.

Cuando los mensajes de QoS\_PERDIDA atraviesan el gateway, éste los contabiliza para realizar comprobar si hay congestión, realizar sus cálculos y actuar en consecuencia.

La figura 2 se explica en la siguiente sección.

## EXPOSICIÓN DE UN MODO DE REALIZACIÓN

Podemos observar el funcionamiento del esquema adaptativo en la figura que acompaña a este apartado. Se nos muestra un ejemplo de una red ad hoc, donde existen tres flujos de VoIP en tiempo real y dos flujos CBR best-effort que han establecido este gateway para enviar paquetes a través de Internet.

Si los flujos VoIP1 y VoIP3 tienen problemas para mantener los retardos de extremo a extremo por debajo de los 150ms, se enviarán los mensajes QoS PERDIDA mediante el gateway a esas fuentes de VoIP en la red ad hoc, para alertarles de esta situación.

5 El gateway aprovecha esta situación y periódicamente calcula el porcentaje de fuentes VoIP que enrutan sus paquetes a través de él hacia Internet y tienen problemas de retardo de extremo a extremo. En nuestro ejemplo, este porcentaje equivale a  $\alpha(t) = 2/3$ . Si el umbral para la detección de problemas de latencia es igual a  $\gamma = 0.4$ , nos encontramos en la situación que  $\alpha(t) > \gamma$ , por lo tanto, en este estado, el gateway no  
10 enviará los mensajes de GWADV a la red ad hoc, debido a que el porcentaje de fuentes VoIP con problemas de retardo, debido a la excesiva congestión de la red, superan al valor fijado por el umbral. Esto significa, que nuestra red, no se puede sobrecargar con más tráfico si no es estrictamente necesario.

Si pasado un periodo de tiempo, una de las fuentes de VoIP, resuelve sus  
15 problemas de QoS, el gateway calculará un nuevo porcentaje teniendo en cuenta esta nueva situación, donde  $\alpha$  será  $\alpha(t) = 1/3$ . En esta nueva situación, los GWADV serán enviados a través de la red ad hoc, ya que nos encontramos en  $\alpha(t) \leq \gamma$ .

Los mensajes de GWADV se propagarán alrededor de un área limitada (determinada por un cierto número de saltos desde el gateway); en este caso, se ha  
20 definido una zona de aviso de TTL = 4 saltos. Por lo tanto, los mensajes GWADV serán recibidos por las fuentes VoIP1 (ruta gateway-J-M-L-K), VoIP3 (ruta gateway-J-I-H) y CBR1 (ruta gateway-A-B-C-D).

Las otras fuentes no recibirán los mensajes GWADV porque se encuentran a una distancia superior a los 4 saltos del gateway; en el caso de que la ruta hacia el gateway  
25 fallara, deberían volver a realizar un descubrimiento de gateways para obtener una ruta nueva hacia Internet.

30

35

## REIVINDICACIONES

5

1. Mecanismo de descubrimiento de gateways adaptativo para redes ad hoc conectadas a redes fijas.

2. Mecanismo de descubrimiento de gateways adaptativo para redes ad hoc conectadas a redes fijas, según la reivindicación 1 caracterizado por el hecho de  
10 diferenciar los distintos flujos de tráfico existentes en la red, priorizando los flujos de aplicaciones en tiempo real para mantener su calidad de servicio extremo a extremo.



## FIGURAS

Fig.1. Envío de mensajes de QoS\_PERDIDA en una red ad hoc conectada a una red IP fija.

→ Envío de mensajes de QoS\_PERDIDA

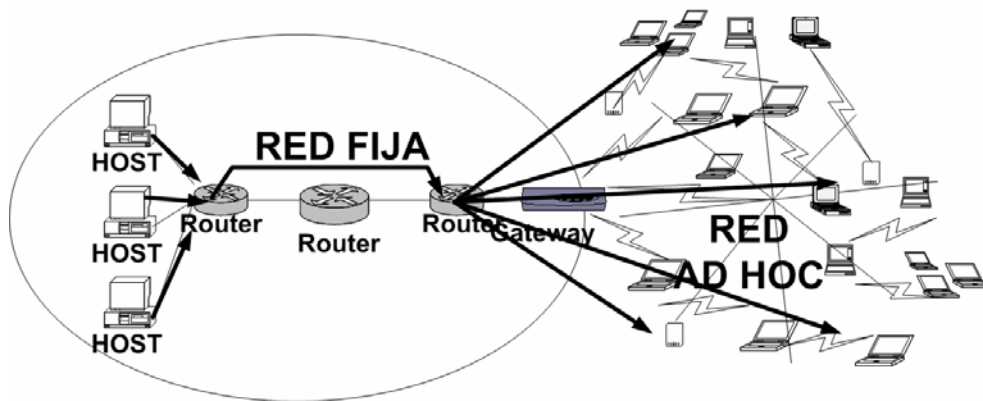


Fig.2. Red de ejemplo.

