

Desarrollo de un Sistema de Detección de Intrusos para Pasarelas Domésticas

XXV Convocatoria de premios “Ingenieros de telecomunicación” del
Colegio Oficial y Asociación Española de Ingenieros de Telecomunicación, 2004

**Premio BOSCH Security Systems al mejor Proyecto de fin de Carrera en
Sistemas de Seguridad y Vigilancia a través de Redes de Telecomunicación IP**

Rafael Barriuso Maicas

Febrero 2005

Índice de contenido

- Resumen.....3
- Introducción.....4
- Descripción de la propuesta.....7
- Tecnologías empleadas..... 9
- Innovaciones y mejoras aportadas.....12
- Conclusiones.....14

Resumen

El siguiente texto presenta el sistema bautizado como "BarkIDS", el cual ofrece al usuario un servicio de detección de intrusos y videovigilancia a través de redes telemáticas, desplegable sobre pasarelas domésticas conformes al estándar OSGi (Open Services Gateway Initiative).

La pasarela doméstica o pasarela residencial es el núcleo del denominado Hogar Digital, el cual constituye la inevitable evolución de los hogares actuales impulsada por la convergencia de las comunicaciones, la informática y el entretenimiento. Una pasarela residencial es el aparato encargado de interconectar todos los dispositivos electrónicos existentes en la red o redes domésticas (que pueden ir desde simples lámparas hasta neveras, pasando por los omnipresentes aparatos de televisión, teléfono y radio) con la red pública exterior, es decir, Internet, y por extensión, las redes móviles. Por ello la pasarela doméstica es el lugar ideal para el despliegue de gran variedad de servicios y aplicaciones cuyo principal valor reside en la posibilidad de acceso a los dispositivos del interior del hogar desde cualquier otro dispositivo conectado a Internet, y viceversa, es decir, el acceso desde el hogar a los ingentes recursos proporcionados por Internet.

Al contrario que otros servicios de vigilancia y seguridad del hogar, el nuestro, al estar basado en la tecnología OSGi para pasarelas domésticas, no requiere dispositivos específicos para su funcionamiento ni agentes externos para su gestión, ya que gracias a su naturaleza esencialmente software puede ser gestionado remotamente de manera automática o por el propio usuario.

Nuestro servicio de detección de intrusos se sirve de una serie de cámaras digitales de vídeo situadas en el hogar para, mediante técnicas de detección de movimiento, alertar al usuario, en el lugar donde se encuentre, y a cualquier otra entidad en el momento en que se produzca una intrusión en el domicilio vigilado. Además el usuario tiene la posibilidad de acceder a las cámaras desde cualquier lugar para así observar el estado de su vivienda en cualquier momento; por ello este servicio también se puede utilizar para observación de menores y ancianos, vigilancia de bienes, de mascotas, como sistema de apoyo a sistemas domóticos, etcétera.

Introducción

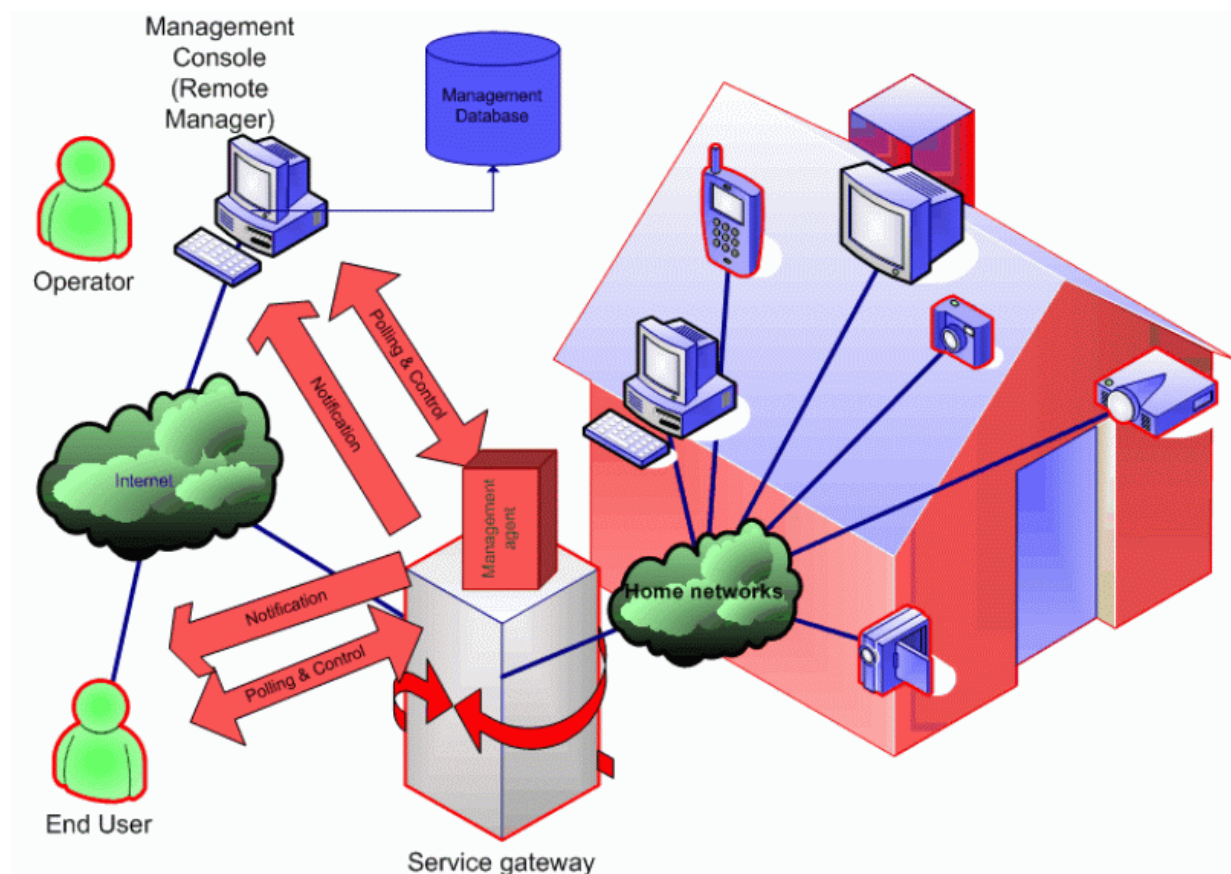
La creciente penetración a nivel mundial de aparatos electrónicos en el hogar unida a la convergencia de los servicios de comunicaciones, informática y entretenimiento en las redes de banda ancha e Internet en especial está provocando un gran cambio en la capacidad de acceder a la información, el cual es desencadenante de otros cambios no solamente tecnológicos sino también socio-culturales. Debido a ello en los hogares se está produciendo un desarrollo de las redes domésticas de alta velocidad, frecuentemente inalámbricas, que interconectan entre sí diferentes dispositivos electrónicos que se encuentran en el domicilio (ordenadores personales, ordenadores portátiles, PDAs, teléfonos móviles, electrodomésticos, cámaras, etc). Del mismo modo, la introducción del servicio de Internet de banda ancha en el domicilio es a día de hoy una tendencia generalizada y que claramente aumentará con el tiempo, pero su aprovechamiento puede ir e irá mucho más allá de las aplicaciones habituales de correo electrónico, navegación y descarga de archivos.

La conjunción de todas estas tendencias se refleja en el llamado Hogar Digital, donde los diferentes dispositivos electrónicos domésticos (neveras, televisores, sistemas de iluminación, sistemas de riego, persianas y un largo etcétera) están interconectados con la red pública Internet a través de una pasarela residencial, también llamada pasarela doméstica o pasarela de servicios, utilizando una conexión de banda ancha. De este modo, la pasarela doméstica es el dispositivo encargado de interconectar la red doméstica con el exterior (a través de un proveedor de servicios de Internet de banda ancha) y asumir el papel de plataforma de ejecución para las aplicaciones domésticas, todo ello de manera totalmente transparente para el usuario.

La ganancia de valor que experimenta cualquier dispositivo al conectarse a Internet es enorme dados los vastos recursos que la red pone a su disposición, y esto es la clave de las aplicaciones para entornos domésticos: explotar el valor añadido que supone que cada usuario pueda acceder a su domicilio desde prácticamente cualquier lugar, y viceversa, poder interactuar con contenidos de cualquier tipo cómodamente desde el hogar.

Con este escenario en mente es fácil imaginar el inmenso abanico de posibilidades que se abre en cuanto a la creación de aplicaciones o servicios para mejorar la calidad de vida en el hogar, ahora novedosas y que antes eran imposibles de concebir. Ejemplos típicos de aplicaciones o servicios para pasarelas domésticas que aparecen en el Hogar Digital son: audio y vídeo bajo demanda, aplicaciones de telecontrol y telemetría, seguridad del hogar (como es nuestro caso), teletrabajo, teleducación, comercio electrónico, videotelefonía, y un largo etcétera.

Por todo ello se prevé en un futuro no muy lejano una implantación masiva de las pasarelas domésticas (*service gateway*, en la imagen) en los hogares, ya que al ser una solución tecnológica integrada proporciona un modelo de negocio convergente, representando la unión de las infraestructuras de telecomunicaciones con los contenidos audiovisuales y servicios informáticos de valor añadido.



Retomando el concepto de pasarela residencial, es necesaria la existencia de una plataforma común que permita el desarrollo de aplicaciones, de manera que se establezca un estándar sobre el que las diferentes empresas puedan desarrollar sus servicios y aplicaciones pudiendo abstraerse de aspectos subyacentes tales como por ejemplo las tecnologías de red o el propio hardware de los dispositivos. Este estándar es OSGi (Open Services Gateway Initiative), creado por el consorcio del mismo nombre

que fue fundado en 1999 e incluye miembros como Sun Microsystems, Alcatel, Cable and Wireless, Electricité de France, Enron Communications, Ericsson, IBM, Lucent Technologies, Motorola, Nortel Networks, Oracle, Philips Electronics, Toshiba, Unión Fenosa y Telefónica I+D. Actualmente se encuentra publicada la tercera versión de la especificación de la arquitectura de referencia OSGi, la cual permite a cualquier desarrollador de software crear aplicaciones desplegadas a través de la red y gestionadas remotamente sobre cualquier combinación hardware / software que soporte una máquina virtual Java.

Una vez expuesto el contexto, la motivación para realizar servicios o aplicaciones para pasarelas residenciales es clara: en el futuro este tipo de aplicaciones se desplegará masivamente en todos los hogares del planeta y serán de uso cotidiano.

Podríamos desarrollar aplicaciones que cubrieran cualquier tipo de necesidad de los usuarios domésticos, sin embargo la seguridad del hogar es una cuestión importante para cualquier persona y por ello mueve un mercado amplio e importante. Adicionalmente, la vigilancia del hogar es un ámbito de aplicación que se amolda perfectamente a las características del Hogar Digital y por ello hace que un servicio de vigilancia para pasarelas domésticas sea un proyecto altamente interesante y con grandes perspectivas de futuro.

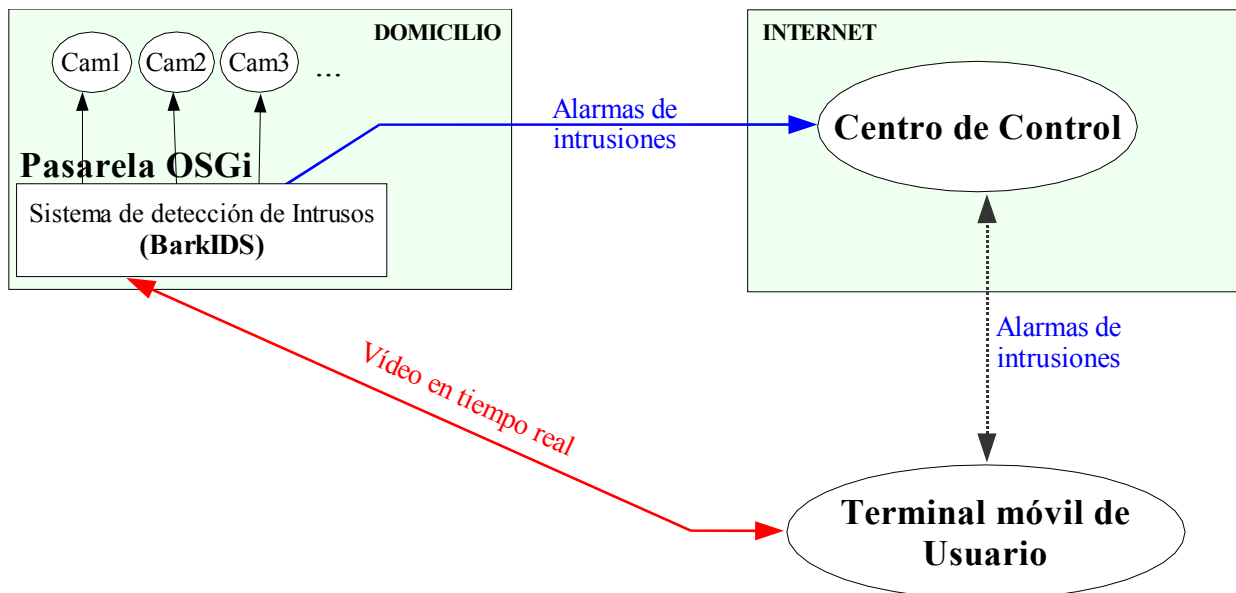
De este modo se presenta el servicio de detección de intrusos y videovigilancia para pasarelas domésticas OSGi, llamado BarkIDS, como una aplicación libre de última generación que como veremos más adelante aprovecha los recursos brindados por las últimas tecnologías de Internet, incluyendo entre otras: movilidad, banda ancha, comunicación entre aplicaciones, redes inalámbricas, y transmisión de vídeo sobre redes IP.

Descripción de la propuesta

En este apartado describiremos el sistema de detección de intrusos completo en el que se engloba nuestra aplicación, el BarkIDS. Este curioso nombre proviene de la abreviatura del inglés “*Barking Intruder Detection Service*”, es decir, servicio detector de intrusos ladrador, ya que el sistema ofrece la posibilidad de configurarse para emitir ladridos de perro a fin de espantar del domicilio al intruso detectado.

El sistema que aquí se presenta consta de tres elementos básicos: la **pasarela doméstica**, provista de videocámaras y situada en el domicilio del usuario o usuarios, donde se ejecuta el BarkIDS; un **centro de control** remoto, el cual es simplemente una aplicación ejecutándose en un servidor de Internet; y un **terminal de usuario**, el cual habitualmente es un dispositivo móvil que acompaña al usuario dondequiera que vaya.

Su funcionamiento general es el siguiente: cuando el BarkIDS detecta un movimiento en una cámara del domicilio envía una alarma al centro de control, el cual localiza el terminal de usuario, registra el incidente, y a su vez le envía un aviso en el formato deseado. Por otra parte, el usuario desde su terminal móvil, puede solicitar en cualquier momento una imagen o un flujo de vídeo en tiempo real desde cualquiera de las cámaras del domicilio hasta su terminal móvil.



La **pasarela doméstica** posee una conexión de banda ancha y permanente a Internet (es una pasarela "always-on") y una serie de **cámaras digitales de vídeo** conectadas a ella situadas en diferentes puntos del domicilio. Estas cámaras pueden ser desde simples webcam con conexión USB hasta sofisticadas cámaras inalámbricas WiFi con visión nocturna, pudiendo conectarse desde sólo una hasta un número máximo determinado por las capacidades de la pasarela doméstica. En dicha pasarela se encuentra instalada la **plataforma OSGi**, y sobre ella se despliega e instala nuestra aplicación, el **BarkIDS**. Más adelante trataremos sus funcionalidades.

El **centro de control** es una aplicación que puede ejecutarse en cualquier equipo, con la única condición de tener algún tipo de conectividad con la pasarela doméstica y el terminal de usuario. Su función principal es la de hacer de **intermediario** entre los mensajes de alarma enviados desde los BarkIDS a los que sirve a los terminales de usuario correspondientes, **transformándolos al formato que satisfaga las necesidades del usuario y su terminal en cada momento**. Así por ejemplo, si el usuario deseara recibir las alarmas generadas por el sistema de detección de intrusos a través del correo electrónico, el centro de control sería el encargado de transformarlas a dicho formato; lo mismo ocurriría si el usuario deseara recibirlas como SMS, MMS, locuciones telefónicas, o cualquier formato soportado por el centro de control. Otra de sus funciones es ofrecer al usuario un interfaz amigable que permita configurar todos los aspectos del sistema, como pueden ser las políticas de sensibilidad de detección del BarkIDS configurables en base a horarios o épocas del año, diferentes terminales donde recibir los avisos dependiendo de la hora del día, etcétera.

Por último, el **terminal de usuario** es un dispositivo electrónico cualquiera, en general móvil y con conexión inalámbrica a la red, donde el usuario **recibe los avisos**. Puede ser desde un teléfono móvil corriente (2G – 2,5G) hasta un ordenador portátil, aunque lo más indicado es un **teléfono móvil de tercera generación (3G)** con capacidades multimedia, de manera que recibiría las alarmas de detección de intrusos con imágenes y el usuario tendría la posibilidad de iniciar **videollamadas en tiempo real** con las cámaras de su vivienda (controladas por BarkIDS) y así monitorizar el estado de su domicilio.

Resumiendo, BarkIDS hace posible un sistema de televigilancia, ya que monitoriza automáticamente el domicilio y envía una alarma al usuario al detectar cualquier movimiento anormal, a la par que es un sistema de videovigilancia, ya que al estar basado en videocámaras brinda al usuario la posibilidad de conectarse a cualquiera de ellas para observar en cualquier instante lo que está ocurriendo en su domicilio. Profundizando más en esta idea, surgen otras aplicaciones para el servicio, como la monitorización o vigilancia de menores, ancianos o incluso animales domésticos.

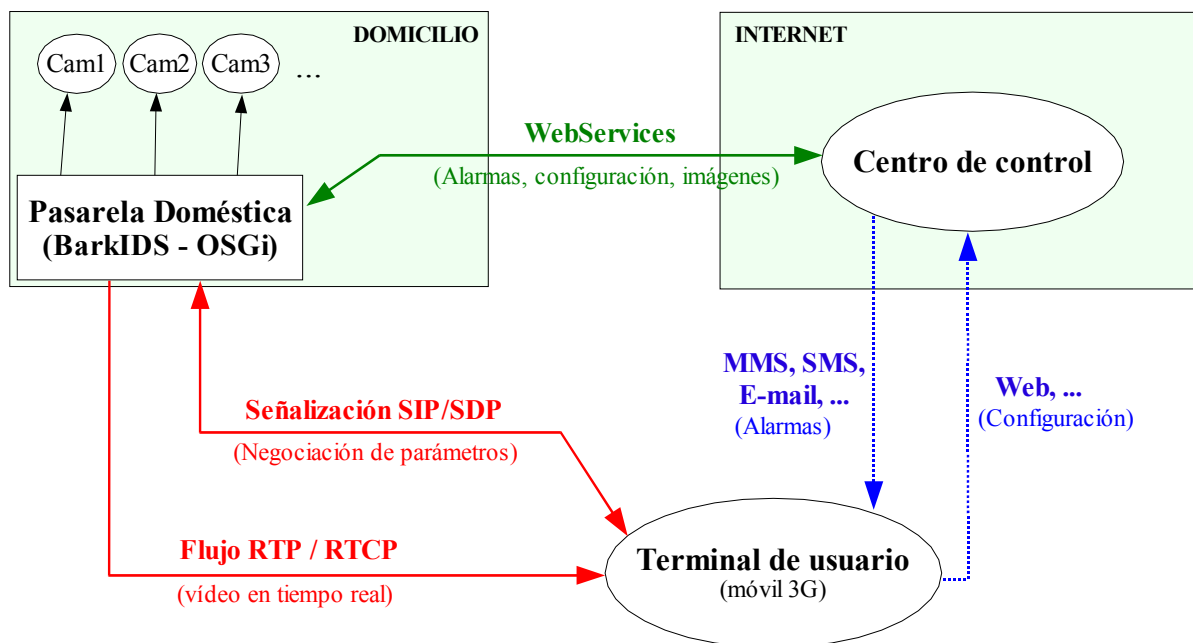
Tecnologías empleadas

BarkIDS se encuentra totalmente implementado con **tecnología Java** e incluye unos **algoritmos de detección de movimiento** desarrollados específicamente para plataformas con restricciones en recursos computacionales.

En cuanto a las comunicaciones, el sistema expuesto hace uso de las últimas **tecnologías de comunicación entre aplicaciones**, las cuales se seleccionaron por su aceptación general, flexibilidad, versatilidad y disponibilidad de implementaciones funcionales.

El envío de alarmas desde la pasarela doméstica al centro de control así como la configuración de la aplicación desde el mismo se realiza utilizando SOAP (Simple Object Access Protocol) sobre HTTP (Hypertext Transfer Protocol), es decir, tecnología de **servicios web** o **webservices**, de manera que cuando se detecta un movimiento, el BarkIDS envía una imagen al centro de control indicando la fecha y hora del suceso encapsulados en un mensaje SOAP, siguiendo un esquema de llamada a procedimiento remoto (RPC, Remote Procedure Call).

Por otra parte, el **establecimiento de la videollamada** desde el terminal de usuario a una de las cámaras del domicilio emplea los protocolos **SIP (Session Initiation Protocol)** y **SDP (Session Description Protocol)**, de manera que se negocian unos parámetros de configuración aceptables en ambos dispositivos participantes para el establecimiento de la sesión de vídeo. Una vez configurada la sesión, la transmisión de vídeo se realiza mediante **RTP (Real-time Transport Protocol)** y de esta manera se consigue enviar el flujo de vídeo en tiempo real desde la pasarela residencial hasta el terminal móvil.



La implementación actual del **BarkIDS**, distribuida bajo licencia LGPL (Lesser General Public License), es **plenamente funcional** y soporta en la pasarela residencial cualquier videocámara conforme al estándar V4L (Video for Linux), si el sistema operativo es Linux, o VFW (Video For Windows), si el sistema operativo es Microsoft Windows, además de cualquier cámara en red (*network camera*) tanto inalámbrica como no, todo gracias al empleo de tecnología JMF (Java Media Framework).

Como **centro de control** se dispone de un **prototipo** cuyas funcionalidades de comunicación con el terminal de usuario aún no han sido desarrolladas, pero sirve como ejemplo de las posibilidades que puede ofrecer un centro de control completo. Este prototipo se ha desarrollado siguiendo los principios de arquitectura J2EE y ofrece un sencillo interfaz web que permite fácilmente la configuración de los BarkIDS.

En cuanto al **terminal móvil**, dada la inviabilidad de implementar una aplicación compatible con algún modelo de tercera generación, se dispone de un **simulador** que funciona sobre una plataforma PC y cuya funcionalidad se reduce al establecimiento, realización y cierre de la videollamada mediante SIP/SDP y RTP/RTCP.

Adicionalmente, el sistema detector de intrusos se podría ampliar para soportar diferentes tipos de sensores, como sensores de movimiento o presencia, además de soportar funciones específicas de las cámaras de vídeo, como *panning* o *zoom*.

La siguiente imagen muestra las trazas del arranque del BarkIDS, durante el cual se pone en contacto con el centro de control:

```
Selected format:
  RGB, 320x240, Length=230400, 24-bit, Masks=3:2:1, PixelStride=3, LineStride=960
Selected format:
  YUV Video Format: Size = java.awt.Dimension[width=176,height=144] MaxDataLength = 38016 DataType = clas
s [B yuvType = 2 StrideY = 176 StrideUV = 88 OffsetY = 0 OffsetU = 25344 OffsetV = 31680

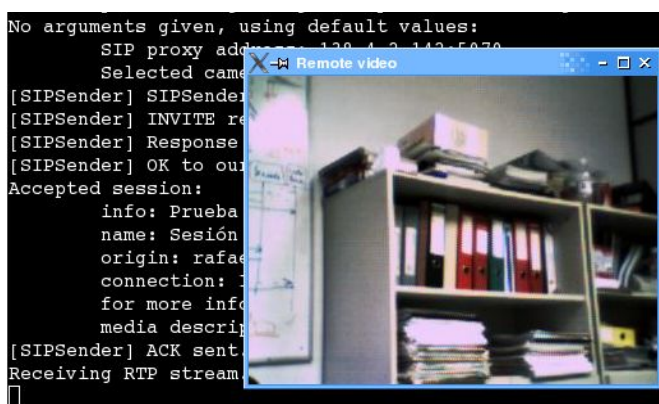
Creating camera0: "v4l:Logitech USB Camera:0", with user output disabled
Creating camera1: "v4l:Logitech QuickCam Pro 4000:1", with user output disabled
2 CAMERA(S) ACTIVATED FOR INTRUDER DETECTION.
[SIP Stack] Listening point already registered, will get it.
[SIP Stack] SIP Provider in use, will try to get it.

[SipDispatcherImpl] Waiting for SIP calls at 5070/TCP...
Using the integrated web server.
IDSStandAloneServer started.
21-may-2004 17:28:31 org.apache.axis.transport.http.SimpleAxisServer run
INFO: SimpleAxisServer starting up on port 8080.
ActivateService sent, waiting response.
ID assigned: ID23242342@idDePrueba
-> █
```

En el gráfico siguiente se puede apreciar una captura de pantalla del interfaz web que ofrece nuestro prototipo de centro de control mostrando una alarma recibida:



Esta imagen muestra el simulador del terminal de usuario durante una llamada de vídeo:



Innovaciones y mejoras aportadas

BarkIDS rompe los esquemas de los sistemas de vigilancia clásicos, ya que toda la funcionalidad viene dada por el software y las nuevas tecnologías de comunicaciones, en lugar de equipos específicos, tal y como ocurría con los sistemas antiguos. De este modo nuestro servicio mejora los tradicionales sistemas de videovigilancia en varios aspectos:

- ◆ **Independencia de las tecnologías:** el servicio creado funciona con cualquier tecnología disponible en el hogar, tanto en lo que a cámaras de vídeo (digitales) se refiere como a tecnologías de red domésticas. Ello es gracias al empleo de la tecnología Java y la plataforma OSGi.
- ◆ La **independencia de empresas especializadas** está asegurada ya que nuestra aplicación para su funcionamiento únicamente requiere de un centro de control, que al ser un servicio telemático convencional puede ser ofrecido por cualquier entidad proveedora de servicios, independientemente del sector al que pertenezca.
- ◆ **Independencia del terminal de usuario:** ya que empleamos tecnologías de comunicación estándar y ampliamente utilizadas, el terminal de usuario (en el que se reciben los avisos, imágenes y vídeo) podrá tener cualquier forma, desde un ordenador personal hasta un teléfono móvil de tercera generación (3G).
- ◆ **Automatización:** nuestro sistema es **totalmente automático**, de manera que una vez instalado no requiere la intervención de ningún vigilante o agente externo para su correcto funcionamiento.

En cuanto a innovaciones tecnológicas se refiere, el desarrollo de BarkIDS aporta varias, entre las que destacan:

- ◆ La **integración de los servicios** de televigilancia con los de comunicaciones en entornos móviles de tercera generación, gracias a la utilización conjunta de estándares 3G-IETF (SIP, SDP, RTP, RTCP).
- ◆ La selección, desarrollo y pruebas de los **algoritmos de detección** de movimiento en vídeo que BarkIDS incorpora **para ser usados en entornos de recursos restringidos** (la pasarela doméstica), supone un importante esfuerzo y avance en ese campo.
- ◆ **Reutilización de infraestructura** de bajo coste y ya disponible en el hogar para ofrecer servicios de valor añadido al usuario: seguridad, vigilancia y otras aplicaciones como monitorización del hogar y de personas.

- ◆ **Integración** mediante tecnología de servicios web (web services) **de infraestructuras tecnológicas heterogéneas** como la pasarela residencial, el centro de control y el terminal móvil del usuario.
- ◆ Exitosa **validación de un modelo de desarrollo de código libre** en entornos tradicionalmente propietarios.

Conclusiones

En definitiva se ha logrado construir un **sistema flexible, versátil y ligero**. BarkIDS soporta multitud de configuraciones diferentes gracias al empleo de plataformas y estándares abiertos y generalizados, siendo ligero tanto en consumo de recursos de procesamiento como en consumo de espacio en memoria, gracias al desarrollo de algoritmos de detección de movimiento que logran el mejor compromiso entre fiabilidad y carga de procesamiento.

BarkIDS es un ejemplo paradigmático del modelo de aplicaciones de la **Internet de nueva generación**, red de telecomunicación IP por excelencia. Auna características que lo convierten en un servicio muy atractivo para el usuario final: **multimedia, movilidad, bajo coste**, y aporta un **alto valor añadido**: mejora la calidad de vida en el hogar en términos de seguridad y comunicación.

El **modelo open source** utilizado para el desarrollo de este servicio posibilita el **despliegue masivo** de estas aplicaciones en el sector del hogar, pero no está restringido a este ámbito: tradicionalmente las empresas dedicadas a ofrecer servicios de seguridad y vigilancia se han encontrado con la barrera del coste inicial de implantación a la hora de penetrar en el sector de la pequeña y mediana empresa. El hecho de disponer de BarkIDS como sistema de vigilancia en el hogar del usuario hace posible el desarrollo de **nuevos modelos de negocio** para estos agentes proveedores de servicios, representados en esta propuesta por el centro de control.