

# Arquitectura de integración de vídeo bruto sobre redes inalámbricas

Felipe García Sánchez, Antonio Javier García Sánchez, Joan García Haro, Juan Ángel Pastor Franco

Departamento de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones

Universidad Politécnica de Cartagena

{felipe.garcia, antoniojavier.garcia, joang.haro, juanangel.pastor}@upct.es

**Abstract-** *This paper discusses about an architecture for the integration of raw video over wireless technology. The study is oriented to improve the transmission techniques, simplifying the current topologies and using a middleware for the communications protocols. The implementation of a proxy server is avoided and the communications between servers and clients is done by using TAO (The ACE ORB), a particular CORBA (Common Object Request Broker Addressing), incorporating appropriate features for Audio/Video flow transmissions. Finally, some conclusions and future research lines are summarized.*

## I. INTRODUCCIÓN

Históricamente, la generación de prototipos de vídeo ha evolucionado conforme se desarrollaba la tecnología empleada. Esta evolución ha sido la siguiente [1]:

Desde computadoras completamente centralizadas para problemas de gran escala con soporte extensivo de procesos paralelos. Hasta computadoras muy especializadas, con fuentes de datos e información de forma distribuida que utilizan entornos tanto cableados como inalámbricos.

Estos cambios han producido variaciones en las arquitecturas *hardware* y *software* de los sistemas de transmisión de vídeo. Así, en la actualidad se sigue un esquema general de funcionamiento como el que se presenta en la Fig. 1 [2] [3]. En ella se observa que el servidor de vídeo se encuentra en cualquier lugar de una red local cableada. A su vez, un cliente es un dispositivo de interfaz inalámbrica, y entre ellos existe un servidor “proxy” que se encarga de adaptar la transmisión de vídeo a las necesidades de ese equipo portátil, comprimiendo la señal de vídeo y reduciendo el flujo de datos.

Sin embargo existen distintos campos en los que no es posible la compresión y a la vez resulta interesante la aplicación de entornos inalámbricos. De ellos destacan entornos militares, la recepción de la imagen de un avión teledirigido [4] [5], entornos médicos, observación remota de una determinada operación quirúrgica, o bien tele-vigilancia, control del núcleo de una central nuclear. En todos estos casos, todos los detalles de las imágenes adquieren gran importancia y no se debe realizar ningún tipo de compresión. Además, el usuario se encuentra alejado y no dispone de un sistema cableado para realizar la visualización de los procesos.

Todo ello hace necesario la transmisión de vídeo bruto (sin comprimir) a través de redes inalámbricas. Pero la transmisión de estos flujos de vídeo implica otros problemas:

- Los caudales (*throughput*) generados son mayores a los conseguidos con vídeo comprimido. A pesar de ello, es posible la transmisión gracias al aumento del ancho de banda de los canales vía radio de las nuevas tecnologías inalámbricas (por ejemplo, estándar IEEE 802.11a).
- Los retardos de transmisión producidos por la red inalámbrica y por la red local cableada introducen demora, lo que perjudica, sobre todo, si se pretende obtener una operación en tiempo real.
- Existen nuevas dificultades en el caso de que se produzca desplazamiento del terminal inalámbrico. El flujo de vídeo debe redireccionarse o traspasarse adecuadamente.

Por tanto, se hace necesaria la implementación de una nueva arquitectura de transmisión para resolver éstas circunstancias. Para ello se diseña y se implementa un modelo utilizando los siguientes equipos y herramientas:

1. Red Ethernet 100Base-T (velocidad de transmisión 100 Mbps) para el entorno de red cableado.
2. Red inalámbrica IEEE 802.11a (admite tasas de hasta 54 Mbps) para el entorno inalámbrico, con dos puntos de acceso (Access Point).
3. Equipos de trabajo comerciales (iX86). Incluyendo sistema operativo Linux (Red Hat v. 7.2).
4. Otros dispositivos: conmutadores para redes Ethernet 100Base-T, cámara de captura analógica de la señal de vídeo, cableado RGB de la cámara al servidor, etc.

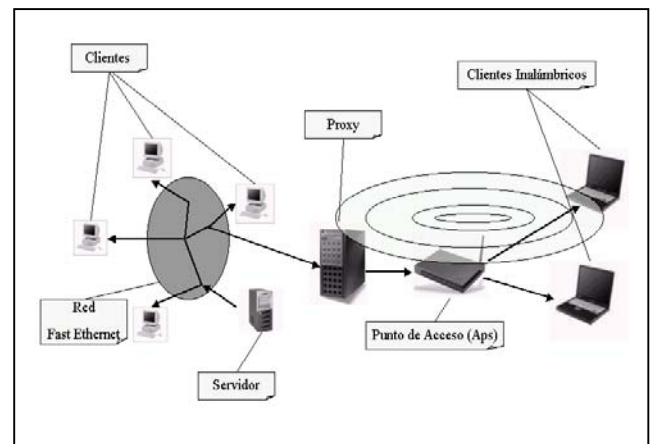


Fig. 1. Implementación tradicional de sistemas de transmisión de vídeo en redes inalámbricas.

Para completar el modelo e integrar todos sus componentes de la forma más independiente del hardware y *software* se ha pensado incluir un sistema de comunicación a través de un *middleware*, como es CORBA (*Common Object Request Broker Addressing*) [6]. CORBA es una plataforma de integración donde la tecnología de red aplicada no afecta al *software* desarrollado.

En concreto se elige TAO (The Ace ORB) [7] como caso particular de estudio por permitir la transmisión de flujos de audio y vídeo mediante las abstracciones del lenguaje correspondientes (*A/V streams*) y por su buen comportamiento para la utilización en tiempo real. Además proporciona otra serie de utilidades como son operaciones *multicast*, calidad de servicio (QoS), etc.

El resto del artículo se organiza como sigue: la sección 2 presenta la arquitectura que hemos desarrollado para la integración de vídeo, la sección 3 describe el funcionamiento del modelo implementado, prestando especial atención al *middleware* (TAO) empleado. Finalmente se presentan las conclusiones y las principales líneas de trabajo generadas.

## II. ARQUITECTURA DE TRANSMISIÓN DE VÍDEO

La arquitectura propuesta permite combinar las ventajas de las dos tecnologías implicadas. Por un lado la movilidad que permiten las redes inalámbricas y por otro, la integración mediante CORBA. Así, la descripción se realiza desde ambos aspectos: la estructura *hardware* de transmisión (empleando redes inalámbricas) y la *software* empleando CORBA.

### A. Estructura hardware

La Fig. 2 presenta la distribución de equipos y dispositivos implementada para la transmisión inalámbrica de vídeo bruto. En ella se observa que los puntos de acceso de las redes inalámbricas están directamente conectados a la red local cableada. Se dispone de un servidor de imágenes inalámbrico al que se pueden conectar tanto equipos de la red local cableada (Ethernet) como equipos pertenecientes a la red inalámbrica.

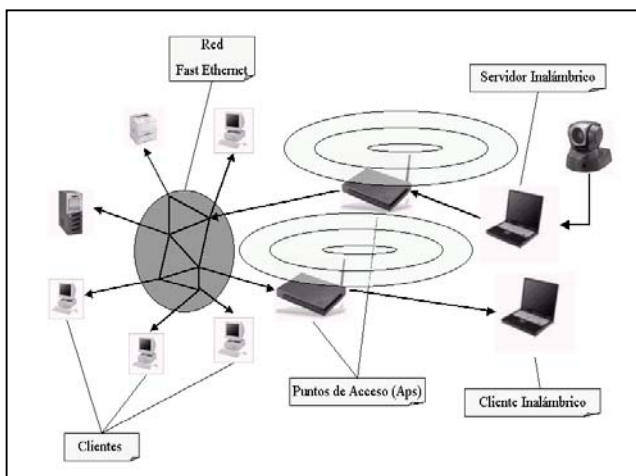


Fig. 2. Arquitectura de red empleada para la integración de vídeo bruto.

Entre los aspectos más importantes de la implementación se detallan:

1. **La eliminación del servidor (*proxy*)** encargado de adecuar la información transmitida en la red inalámbrica y en la red Ethernet cableada. Ésto es posible al poseer los flujos transmitidos en ambos casos la misma información y por tanto, no es necesaria ninguna adaptación. La única modificación es el formato de trama MAC (*Medium Access Control*) entre ambas redes, realizada por el propio dispositivo que hace de punto de acceso inalámbrico.
2. Flexibilidad en la distribución de el/los cliente/s que se conectan al servidor de vídeo. Existe la misma complejidad entre conectar un cliente inalámbrico o uno perteneciente a la red cableada, siendo en todo caso menor en esta nueva arquitectura que en las antiguas (véase figura 1).
3. Facilidad en la implementación de **multi-caminos**. Los servidores inalámbricos estarán conectados únicamente a un punto de acceso en un determinado instante. Sin embargo, si éste falla o se produce un desplazamiento del servidor, la comunicación no se ve afectada. El servidor se conecta a otro punto de acceso cercano que continúa la transmisión.

Esta última característica no es siempre cierta. Es posible que no haya otro punto de acceso cercano, o bien, el flujo de datos no pueda seguir la transmisión debido a una saturación del nuevo punto. Además por política de justicia (*fairness*) el nuevo proceso no debe perjudicar a los que ya estaban utilizando ese punto de acceso.

Estas situaciones no son previsibles por parte del servidor, pero lo que sí se implementa es un sistema más conservador en cuanto a la calidad de imagen transmitida. De tal forma, se diseña el sistema para que el servidor baje al mínimo su tasa de transmisión (véase el apartado III.A) cuando cambie de punto de acceso. Así, si se comprueba que no es posible mantener la calidad de imagen ofrecida anteriormente, se renegocian los nuevos parámetros con el cliente.

En general la arquitectura es extensible a otros tipos de datos como son el sonido, información de control, etc. Sin embargo, se considera el vídeo como la aplicación más restrictiva por el elevado ancho de banda que requiere y por su el tipo de aplicaciones de interés en nuestro caso. Además la implementación de flujos tan elevados permite comprobar el límite de funcionamiento de ésta y otras tecnologías de red que ofrecen a éstos flujos y que hasta ahora no se planteaba integrar.

### B. Estructura software de integración

Dentro de la estructura *software* empleada se disponen de los siguientes elementos:

1. Un servidor de vídeo bruto inalámbrico. Se trata de un proceso con los siguientes *threads* (hilos de ejecución paralela): uno encargado de la captura de imágenes que recibe de la cámara y otro encargado de la transmisión del flujo de vídeo a los clientes. Éste presenta una interfaz utilizando funciones de TAO.
2. Uno o más clientes que presentarán a su vez, otros dos *threads* equivalentes a los del servidor: uno encargado

de la recepción a través de funciones de TAO y otro encargado de la reproducción del vídeo. Los clientes pueden encontrarse en la red fija o en el entorno inalámbrico.

3. Adicionalmente es necesario implementar un servidor de nombres CORBA, donde se inscriban los objetos que intervengan en las comunicaciones. En general dicho servidor de nombres se puede incluir en cualquier lugar accesible de la red, pero se considera más seguro situarlo en algún equipo de la red cableada.

Además de éstos elementos, se consideran los siguientes aspectos generales de la transmisión de vídeo bruto:

- *Transmisión de información adicional.* Las imágenes no se envían directamente en un único paquete, es necesario dividir cada una de ellas en un número apropiado de paquetes. Por tanto es preciso enviar información de control adicional especificando a qué imagen pertenece cada paquete y adicionalmente sincronismo de la señal.
- *Introducción de retardos adicionales en la transmisión.* Los equipos no transmiten directamente cada una de las imágenes en cuanto son capturadas. En la práctica, se transmiten escalonadamente para evitar desbordamientos de las colas de transmisión.
- *Recepción y presentación de vídeo asíncrono.* El vídeo capturado por el servidor posee un sincronismo adecuado en la recepción por parte de la cámara. Sin embargo, éste se puede perder cuando se transmite por redes *broadcast*. Por tanto, se añade información adicional de sincronismo para facilitar que su reproducción sea lo más parecida posible a la original.
- *Gestión de la corrección de errores.* Es factible que uno de los paquetes que conforman una imagen se pierda debido al entorno en el que se desarrolla la transmisión. En ese caso hay dos alternativas posibles: desechar la imagen completa o reproducir la parte de imagen que se haya transmitido. Esta segunda opción es más compleja ya que implica decidir qué hacer con el espacio perdido, identificar la parte no transmitida, etc., y no suele ser la alternativa elegida.

Estos aspectos han sido considerados en la implementación del modelo. Además se tiene en cuenta el entorno inalámbrico y de movilidad sobre el que se desarrolla. Así, el sistema ha de ser lo suficientemente robusto para en los casos en los que un equipo portátil (servidor o cliente) pierda la conexión, los procesos puedan conectarse de nuevo cuando se recupere dicha conexión. CORBA permite solucionar este problema a través de la implementación de componentes persistentes.

### III. MODELO DE INTEGRACIÓN DE VÍDEO SOBRE CORBA

El modelo realizado para la comunicación entre el sensor de vídeo y los distintos clientes está basado en la utilización de un *middleware* como plataforma de comunicaciones. El *middleware* es un *software* dispuesto entre la aplicación de vídeo y el sistema operativo subyacente, pila de protocolos y dispositivos *hardware* que simplifica la construcción de aplicaciones distribuidas (aquella cuyos componentes residen y se ejecutan en varios equipos enlazados mediante una red de comunicaciones, cada uno de los cuales puede disponer de

su propio sistema operativo) proporcionando mecanismos que los componentes distribuidos pueden utilizar para comunicarse e interactuar a través de la red.

El *middleware* está dividido en tres capas (Infraestructura *middleware*, Distribución *middleware*, Servicios *middleware* Comunes). Cada una de estas capas proporciona distintas utilidades: persistencia, seguridad, control de la concurrencia, invocación de operaciones a objetos distribuidos sin conocer la localización del objeto, el lenguaje de programación, el sistema operativo, el protocolo de comunicaciones y el *hardware*, etc.

La utilización de la tecnología ORB (*Object Request Broker*), dentro de los distintos *middlewares*, y en particular de CORBA proporciona una comunicación flexible, base para el desarrollo de entornos distribuidos. La independencia entre las aplicaciones *software* del servidor de vídeo y los clientes de la plataforma de comunicaciones hace que el programador realice las aplicaciones sin tener en cuenta la tecnología de comunicaciones ni el lenguaje de programación empleados. Los componentes que permiten a CORBA ser un “estándar” para aplicaciones cliente/servidor son descritos con profundidad en [8].

El CORBA elegido, ACE+TAO, desarrollado por la Universidad de Washington [7] es un *software* de libre distribución. Se ha elegido éste respecto de otros como MICO, ORBIT o ORBacus (los tres de libre distribución) ya que ACE+TAO ofrece el servicio de flujos de sonido y vídeo. Además en estos ORB’s (MICO, Orbit y ORBacus) la frecuencia de transmisión de datos CORBA es baja.

Los componentes ACE (*Adaptative Communication Enviroment*) permiten el trabajo con sistemas operativos en tiempo real, proporcionando QoS, multiplataforma y concurrencia. Por su parte TAO es un ORB en tiempo real que proporciona altas prestaciones y va dirigido a aplicaciones con requerimientos de QoS. TAO-ORB está implementado sobre ACE y tiene como misión comunicar los mensajes de los clientes al POA (Adaptador de Objetos Portable) y retornar las respuestas (en caso de que las haya) a los clientes (véase Fig. 3).

Respecto a los componentes encargados de encaminar y recibir los flujos de vídeo a través de CORBA tienen como aspectos más relevantes los relacionados con la inicialización del componente y el envío y recepción de datos. La función de inicialización arranca el ORB, los componentes de TAO específicos de los flujos de vídeo y crea e inicializa el objeto emisor de flujos.

La función de envío es una función que se llama desde las aplicaciones cuando éstas deciden transferir datos. Por otra parte, la función de recepción de datos es invocada por el propio TAO cuando detecta datos de entrada y debe ser definida por el programador de aplicaciones. Es decir, la función de recepción es implementada de forma que se recojan los datos de entrada a medida que vayan llegando y se guarden en un buffer de forma que la aplicación pueda retirarlos.

La escritura de datos en el buffer y la retirada de los mismos por las aplicaciones pueden ocurrir al mismo tiempo de forma que deben controlarse los accesos al buffer para no permitir solapamientos entre lecturas y escrituras de imágenes. TAO proporciona librerías para asegurar que en un instante de tiempo determinado sólo un proceso (lectura o

escritura) tiene acceso al recurso. Además TAO garantiza que una imagen no sea sobrescrita por una nueva imagen hasta que no se haya terminado de retirar.

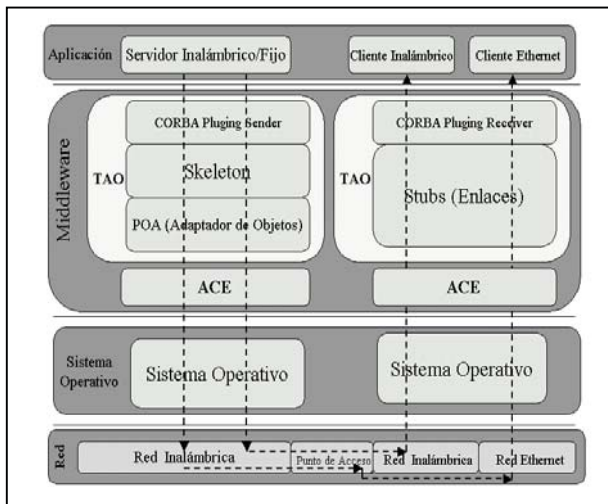


Fig. 3. Esquema de funcionamiento de ACE+TAO sobre procesos de ejecución inalámbricos.

#### A. Funcionamiento del modelo

El modelo presenta dos aplicaciones distintas: el servidor y los clientes. La transmisión de información es configurable, utilizando una serie de parámetros:

- Tasa de transmisión de imágenes. Se especifica el número de imágenes por segundo a transmitir. En el caso de que no fuera posible esa tasa por congestión de la red u otro motivo, el valor se ajustaría para permitir la transmisión.
- Resolución. Es el número de *bits* que forman un punto de la imagen. Por defecto se toman 24 *bits* (3 *bytes*).
- Tamaño de la imagen. Es por defecto de 384x288 (columnas x filas).
- Otros parámetros como el estándar de la imagen (PAL, NTSC), sonido, etc., dependen de la cámara utilizada y en general son fijos.

Una vez configurada la transmisión, la comunicación se realiza como en las implementaciones CORBA a través de invocaciones de objetos.

La configuración puede ser modificada por el operador durante la ejecución de los procesos.

#### IV. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS DE TRABAJO

Se ha desarrollado una arquitectura de integración de vídeo bruto sobre tecnología de red inalámbrica. Entre sus características fundamentales destacan:

- Eliminación de los servidores *proxy* que adaptaban la señal de vídeo de las redes cableadas a las redes inalámbricas.
- Flexibilidad en la situación de los clientes.
- Facilidad para conseguir movilidad en los procesos servidores.

- Integración de procesos a través de un *middleware* como es TAO, una implementación particular de CORBA para la transmisión de flujos de vídeo.

Entre las diferentes líneas de trabajo que se generan caben destacar:

Estudio de la calidad de servicio (QoS) del modelo implementado, prestando especial atención al caudal de tráfico generado, los retardos introducidos y comparando distintos aspectos: comportamiento de clientes inalámbricos y no inalámbricos, efecto de la inclusión del *middleware* frente a soluciones que utilizan directamente funciones tipo *sockets*, etc.

Implementación sobre sistemas de tiempo real, a través de LynxOS, VxWorks, etc., para conocer bajo qué condiciones se puede ofrecer tiempo real.

Utilizando el modelo, comprobar los límites reales que ofrecen este tipo de redes y otras a la transmisión de flujos de elevada tasa de transmisión, incluyendo la ganancia que pueda conseguirse utilizando operación *multicast*.

#### AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido subvencionado por el proyecto nacional FAR-IP (TIC2000-1734-C03-03).

#### REFERENCIAS

- [1] Andrew Au, John Best, Peter Clark, & Others, "Development of Simulation Services to Support Military Experiment", DSTO Electronic and Surveillance Research Laboratory. AR N° AR-011-703, Australia 2001.
- [2] P. K. McKinley, U. I. Padmanaban, N. Ancha, and S. M. Sadjadi, "Composable Proxy Services to Support Collaboration on the Mobile Internet." IEEE Transaction on Computer (Special Issue in Wireless Network) 2003 (to publish).
- [3] Margaritis Margaritidis and George C. Polyzos, "Application-Assisted Adaptation of Real-Time Streams over Wireless Links" UCSD Conference on Wireless Communications, San Diego, California, March 1-2, 1999.
- [4] Karsten Schwan, Greg Eisenhauer, Matt Wolf, Mustaq Ahamad and Sudhakar Yalamanchili, "Interactive Quality of Service Across Heterogenous Hardware/Software Platforms", IQ-Echo Project 2001, Memoria de trabajo, Georgia Laboratory, College of Computer.
- [5] Qingyu Chen and K.P. Subbalakshmi "Trellis Decoding for MPEG-4 Streams Over Wireless Channels", IS&T/SPIE Electronic Imaging, Image and Video Communications and Processing, pp. 95-105, Santa Clara, January 2003.
- [6] Henning and Steve Vinoski, "Advanced CORBA programming with C++", Prentice-Hall 2000.
- [7] Douglas C. Schmidt, Comp. and Sci. Engineering of Washington Uni., "http://www.cs.wustl.edu/~schmidt/TAO.html".
- [8] S. Bottazi, S. Casselli, M. Regiani, M. Amoretti, "A software framework based on Real-Time CORBA for telerobotics systems", IROS 2002-b, International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 985-992, Lausanne, Switzerland.