

EDITORIAL

Durante los últimos años aparecen con insistencia en los medios referencias a la denominada sociedad de la información, de la era de Internet o de la supuesta revolución provocada por la llegada de la fibra óptica a los hogares. Se discute a pie de calle sobre si el ancho de banda que prestará tal o cual servicio será suficiente para satisfacer las necesidades cotidianas o si el nuevo estándar de comunicaciones móviles aportará suficiente velocidad de transmisión para hacer cómoda la navegación por Internet desde cualquier punto. Los rápidos avances en las tecnologías llamadas de la información, apoyadas por agresivas campañas de marketing, han creado un escenario en el que la sociedad demanda novedades a cada momento. La liberalización de mercados en el campo de las telecomunicaciones han permitido el florecimiento de un sin fin de empresas que potencian esta dinámica.

Paradójicamente, en el campo de la ingeniería, este desbordante flujo de información puede producir el efecto contrario en aquellos que nos dedicamos a su estudio o desarrollo. El reto actual para todos aquellos que estamos inversos en los entresijos de este desarrollo estriba en no resultar desbordados por su propio ritmo de cambio incesante y mantener nuestros conocimientos al día sin que ello suponga un esfuerzo extenuante o, peor aún, desmotivante.

Quizás no perder el norte en el desarrollo de aplicaciones pueda ayudar a este objetivo. Una visión centrada exclusivamente en el contenido tecnológico de este desarrollo puede efectivamente dejar exhausto al que realice el titánico esfuerzo de entender algo que no sea típicamente tecnológico.

En este aspecto *Buran* intenta, desde el punto de vista de profesionales del sector, ayudar a toda esta gente que tiene una visión general de estos temas y quieran profundizar un poco más sin llegar a tocar conceptos de ingeniería, o bien haciendo una visión global de los temas más interesantes de telecomunicaciones, electrónica, informática, etc...

Por eso desde aquí tenemos que dar las gracias a todos aquellos que con su colaboración hacen posible que este proyecto de informar llegue a todos los rincones donde haya alguien dispuesto o interesado, en aprender como funcionan las nuevas tecnologías de la información, siempre desde el punto de vista de estudiantes y profesores de habla hispana.

Esperamos que de aquí a un tiempo no muy lejano podamos decir que todo lo que se había presentado en una pequeña revista llamada *Buran*, sea común en nuestros hogares y nos haga la vida, si no más fácil, al menos más agradable. Gracias.

COORDINACIÓN BARCELONA

Miguel Ángel Sastre Serra
José Cástor Vallés Martínez

EDICIÓN BARCELONA

José A. López Salcedo
Miguel Ángel Sastre Serra
Carles Ruiz Floriach
Marc Caballero Gómez
Enric Muntané Calvo
David Garriga
José Cástor Vallés Martínez

REVISIÓN

José A. López Salcedo
Miguel Ángel Sastre Serra
José Cástor Vallés Martínez

EDICIÓN GRÁFICA

Daniel Prado Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

II. Dir. Juan A. Fernández Rubio,
Ángel Cardama,
IEEE Internacional, Jorge Luis Sánchez Ponz,
Javier Macías Guarasa,
Revista Distorsió
y a los puntos de
distribución en la UPC:
Abacus, CPET, CPDA, Kiosk Campus Nord
y Reprografía Sant Just.

IMPRESIÓN RET, s.a.l.

FOTOMECÁNICA Sistemes d'Edició

DEPÓSITO LEGAL B-19.950-96

SLIP UPC, 2000 (526)

La organización se reserva el derecho de publicar los artículos. La opinión expresada en los artículos no tiene por qué coincidir con la de la organización.

Agradecemos las colaboraciones hechas desinteresadamente, y a causa de la falta de espacio, pedimos disculpas a todas aquellas personas a las cuales no se les ha publicado su colaboración. Esperamos que en un próximo número tengan cabida.



CARMEN: UN PROYECTO INTERNACIONAL DE TELEMEDICINA

Pedro López, David Rincón

plopez@mat.upc.es, drincon@mat.upc.es

Departamento de Ingeniería telemática

Universitat Politècnica de Catalunya

Barcelona, España

INTRODUCCIÓN

La telemedicina no es un concepto nuevo; médicos y profesionales de la salud han utilizado durante años el teléfono como una alternativa para prestar sus servicios. Sin embargo, ha sido durante estos últimos años, en los que se ha experimentado un espectacular desarrollo de las Tecnologías de la Información, en los que el término "telemedicina" ha cobrado una especial relevancia. No en vano, este es sin duda uno de los campos más interesantes y con más proyección de futuro dentro de las aplicaciones de la telemática.

Este artículo pretende describir el proceso de diseño e implantación del proyecto de telemedicina CARMEN (*Co-operative Application for Remote MEdical consultatioN*), enmarcado en el programa TeleRegions de la Unión Europea y desarrollado conjuntamente por universidades y centros de investigación de Catalunya (España) y Lombardía (Italia). Dicho proyecto, orientado básicamente a la especialidad de cardiología, pretende proporcionar a los profesionales de la salud una herramienta potente que les ayude en el proceso de diagnóstico y consulta, así como en la gestión y transmisión de los datos clínicos de los pacientes entre hospitales alejados geográficamente.

El artículo ha sido estructurado en diversos apartados. El primero de ellos introducirá al lector en el marco de la telemedicina, haciendo especial hincapié en los objetivos que dicha disciplina persigue y en las mejoras que la telemática puede introducir en el proceso de diagnóstico. Se pasará a continuación a reseñar la funcionalidad típica de una aplicación de telecardiología. Seguidamente se describirá la historia del proyecto CARMEN, analizando experiencias previas en el campo de la telecardiología y la teleradiología y definiendo las metas que persigue. Continuaremos con una descripción del interfaz gráfico de usuario y las funcionalidades más destacables de CARMEN. Comentaremos también algunos resultados de las primeras experiencias reales de uso de la aplicación, con datos sobre la influencia de la herramienta en el trabajo diario de los cardiólogos. El artículo finalizará con los planes de despliegue de la aplicación en dos redes de hospitales denominadas CARDNET, tanto en Catalunya como en Lombardía.

¿QUÉ ES LA TELEMEDICINA?

La calidad de vida de los ciudadanos viene determinada por una serie de factores, entre los cuales el nivel de asistencia médica es un factor de la máxima importancia, por lo que el objetivo prioritario del sistema sanitario es mejorar la cantidad y, sobre todo, la calidad de los servicios ofrecidos. En la tarea de mejorar este segundo aspecto, no cabe ninguna duda de que las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC), tan en auge estos últimos años, constituyen una poderosa herramienta.

Dentro de este contexto, surge el concepto de telemedicina, del cual se puede proporcionar la siguiente definición: “*la investigación, monitorización y tratamiento de pacientes, y la educación de éstos y del personal sanitario, utilizando sistemas que permitan un acceso inmediato al conocimiento experto y a la información de los pacientes, independientemente de la ubicación física de éstos y de la localización de dicha información*” [SAN95].

Por lo tanto, el objetivo primordial de esta disciplina es proporcionar un servicio de salud mejor y más barato mediante la utilización de las tecnologías de la información. La **mejora económica** se consigue al eliminar los costes derivados de los desplazamientos tanto del médico como del paciente, mientras que la **mejora en el servicio** se obtiene al facilitar la consulta de determinadas enfermedades con expertos especializados en la materia.

La gran eclosión que ha experimentado en los últimos años la telemática en general, y la telemedicina en particular, ha permitido establecer dos grandes clasificaciones de los sistemas de esta especialidad: una primera clasificación que distingue el tipo de funcionalidad proporcionado (teleconsulta, telediagnóstico) y otra que incide sobre el campo de aplicación (telecardiología, teleradiología, telepsiquiatría, etc.) [RIN96].

La primera clasificación discrimina las aplicaciones telemédicas según el tipo de facilidades que proporcionan. De esta forma podemos distinguir en primer lugar los programas o las aplicaciones de **teleconsulta**, también llamadas de “diagnóstico cooperativo”. Dichas aplicaciones permiten a un médico situado geográficamente próximo al paciente efectuar consultas con otros médicos, mucho más especializados en la enfermedad del paciente en cuestión pero situados a gran distancia, con el fin

de comparar y contrastar opiniones sobre el diagnóstico. El proceso de teleconsulta puede ser o no interactivo, dependiendo de si el diagnóstico se elabora de forma simultánea y coordinada por los dos médicos, o bien se elabora de manera secuencial, estableciendo turnos entre ambos doctores e intercambiando sus resultados. Si el proceso es interactivo, será necesario establecer enlaces de comunicaciones capaces de transmitir imágenes, voz y datos (incluso vídeo a ser posible) entre los dos participantes. Si la interactividad no es necesaria, el proceso se puede realizar mediante correo electrónico.

En el caso en el que el diagnóstico de la patología es realizado únicamente por el doctor que se halla lejos del paciente, se puede hablar de **telediagnóstico**. En un escenario de estas características, el paciente se sitúa en un consultorio virtual, rodeado de máquinas y equipos de telecomunicación que transmiten información (imágenes, sonidos y datos médicos) en tiempo real hacia el médico, situado a gran distancia. Generalmente los sistemas de telediagnóstico requerirán un ancho de banda mayor que el requerido por los sistemas de teleconsulta ya que el volumen de la información a transmitir es mayor, y éste debe llegar al doctor rápidamente y sin pérdidas para posibilitar el proceso de diagnóstico. Se debe resaltar en este punto que teleconsulta y telediagnóstico son dos conceptos íntimamente relacionados y que la barrera entre ambos es francamente difusa: frecuentemente se utiliza un término por el otro.

La segunda clasificación de las aplicaciones de telemedicina concierne el campo o la especialidad en la que éstas van a ser utilizadas; por lo tanto, se pueden acuñar tantos términos como disciplinas médicas existen. Se puede pues hablar así de Telecardiología, Teleradiología, Telepsiquiatría, Teleoftalmología, Teleendoscopia, Telepatología, Teledermatología, etc. Cabe mencionar que tanto los requerimientos de ancho de banda como el modo de utilizar el mismo variarán considerablemente según la disciplina. Las aplicaciones pueden necesitar audio y vídeo bidireccional durante períodos prolongados de tiempo, y en consecuencia un gran ancho de banda, en el caso de la Telepsiquiatría. Los programas podrían requerir alternativamente la transmisión y almacenamiento de grandes volúmenes de datos en forma de imágenes fijas de muy alta resolución en el caso de la Teleradiología, o de secuencias de vídeo de resolución moderada en Telecardiología. Dichas transmisiones pueden realizarse a una velocidad menor ya que no existe el imperativo de transmitir la información en tiempo real.

¿QUÉ PUEDE APORTAR LA TELEMÁTICA A LA MEDICINA?

La medicina ha experimentado una evolución tecnológica espectacular en la última década. Hoy en día existen equipamientos médicos electrónicos muy sofisticados y altamente computerizados que ayudan a los profesionales de la salud a detectar, prevenir y curar graves enfermedades de sus pacientes. Algunos de dichos sistemas posibilitan la adquisición y el tratamiento avanzado de imágenes: la Resonancia Magnética Nuclear (RMN), la Tomografía Axial Computerizada (TAC) y

la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) son algunos ejemplos de dichos sistemas.

La utilización de tales equipos ha contribuido sin duda a salvar muchas vidas y prevenir graves dolencias, pero la realidad dista mucho de ser ideal y no toda la población tiene acceso inmediato a todos estos servicios. En efecto, estos sistemas médicos exigen una considerable inversión de dinero y conllevan una importante dificultad de operación. Por estos motivos, tienden a concentrarse en un conjunto muy reducido de grandes hospitales, habitualmente situados en las grandes ciudades, y actúan a su vez como un polo de atracción para los médicos especialistas. Por lo tanto, se tiende de forma natural a un marco de concentración de recursos técnicos y humanos. Tal situación provoca que los enfermos que viven en zonas rurales o alejados de las grandes capitales se vean obligados a desplazarse hacia las grandes metrópolis para resolver las consultas que no pueden ser solucionadas por sus médicos de cabecera, con los consiguientes retardos y costes de desplazamiento.

La telemedicina juega su papel en un escenario como el que acaba de ser descrito, ayudando a atenuar los efectos de la concentración de expertos y medios. El paciente es ahora atendido, en primera instancia, por su médico de cabecera en el Centro de Atención Primaria (CAP) más próximo a su lugar de residencia. Cuando, dada la gravedad del caso, el médico de medicina general lo juzgue oportuno, establecerá comunicación con el especialista que se encuentra en uno de los grandes hospitales; se llevará entonces a cabo un proceso de teleconsulta o de telediagnóstico con el fin último de evitar el desplazamiento del enfermo y los costes asociados.

A continuación se va a detallar cómo la aplicación de la telemática en el campo de la Medicina ayuda a paliar los efectos de la concentración geográfica de expertos y medios; en concreto, se detallará el caso de la cardiología y del Sistema Público de Salud catalán e italiano. De todos modos, dicho ejemplo se puede extrapolar perfectamente a otras especialidades médicas y a otras regiones de Europa.

Las instituciones sanitarias pueden clasificarse en tres categorías diferenciadas, según el tipo y la cantidad de equipamientos médicos de los que disponen. Así, los hospitales del Sistema Público de Salud se dividen en tres niveles [VAL97]:

· Hospitales primarios o Centros de Atención Primaria: disponen de un equipamiento cardiológico limitado.

· Hospitales secundarios u hospitales de tamaño medio: incluyen un departamento de cardiología, y están equipados para realizar angiografías, pero no disponen de las facilidades quirúrgicas necesarias para intervenir.

· Hospitales terciarios o grandes hospitales: son hospitales situados generalmente en las grandes ciudades, que disponen del equipamiento necesario para cirugía coronaria y pueden realizar angioplastias. Son los hospitales de referencia para el resto de centros del Sistema Público de Salud.



El procedimiento clásico de diagnóstico en cardiología pasa típicamente por diferentes fases, que se detallan a continuación [RIN99]:

- **Sospecha:** el médico de cabecera intuye en primera instancia la existencia de una enfermedad determinada.

- **Comprobación:** se realizan pruebas cardiológicas en el hospital primario para corroborar la sospecha del médico de cabecera.

- **Verificación:** el paciente se desplaza al hospital secundario donde se le practica una angiografía¹ que ayude a determinar el origen de su dolencia. El soporte físico utilizado suele ser una cinta de video.

- **Consulta:** si se confirma la gravedad del caso, el paciente se desplaza al hospital terciario, donde el especialista cirujano del corazón le examina y decide una posible intervención.

- **Terapia:** si se juzga necesario, se interviene al paciente en el hospital terciario.

El proceso típico es muy costoso, tanto desde el punto de vista económico (desplazamientos continuos del paciente), como temporal (el proceso puede necesitar un tiempo literalmente vital para el paciente, durante el cual la dolencia puede agravarse dramáticamente). Los costes pueden disminuirse enviando únicamente las cintas de video entre los hospitales secundario y terciario, lo que evita algún desplazamiento del paciente, pero el conjunto del proceso sigue siendo lento y costoso.

¿Qué puede hacer la telemática en este escenario? El proceso del envío de cintas de video puede ser eliminado enviando por red la información que contienen, siempre y cuando los hospitales dispongan de la infraestructura de comunicaciones necesaria. El proceso de transmisión de la información resulta entonces mucho más ágil. Además, las herramientas telemáticas permiten el establecimiento de **sesiones cooperativas de diagnóstico** entre dos o más facultativos. Durante las sesiones interactivas de teleconsulta, médico y especialista contrastarán sus opiniones. Estas sesiones tienen como objetivo



Figura 1: Proceso clásico de diagnóstico y tratamiento en cardiología.

principal evitar el traslado del paciente desde el hospital secundario al hospital terciario para ser visitado por el especialista en hemodinámica. Ahora la fase de consulta se realiza mediante herramientas informáticas y redes de comunicación interhospitalarias (teleconsulta). El traslado del paciente al centro quirúrgico queda relegado únicamente a los casos de extrema gravedad en los que la intervención sea absolutamente necesaria. Y, por supuesto, el proceso global se acelera en gran medida, ya que las transmisiones son mucho más rápidas que los viajes del paciente o de las cintas de video que contienen las angiografías.



Figura 2: El proceso de envío de la secuencia de video entre hospitales remotos era un proceso costoso antes de la utilización de redes telemáticas.

En definitiva, la telemática ayuda a reducir tiempos y costes, y facilita el acceso al conocimiento experto, logrando una mejora en la calidad de los servicios de salud. Se consiguen evitar muchos desplazamientos de los pacientes, así como ahorrar cantidades importantes de recursos y, sobre todo, minimizar un tiempo que puede salvar la vida del enfermo.

CARACTERÍSTICAS DE UNA APLICACIÓN DE TELEMEDICINA

A continuación se mencionarán algunas de los puntos más importantes que hay que tener en mente a la hora de diseñar una aplicación de telemedicina. Dedicaremos especial atención a las cuestiones relacionadas con la cardiología.

El problema del volumen de la información

Las secuencias de vídeo utilizadas en cardiología pueden ser relativamente largas, llegando incluso a varios minutos de duración. Esto plantea un grave problema para la transmisión de las mismas, debido al gran tamaño de los ficheros implicados.

¹ Una angiografía es una secuencia de video compuesta por imágenes de los vasos coronarios y del corazón. A partir de estas secuencias los cardiólogos pueden detectar problemas como lesiones del músculo coronario u obstrucciones en arterias, entre otras.

Sirva de ejemplo el siguiente cálculo: una secuencia de 30 segundos de duración, 25 imágenes por segundo, 512x512 pixels por imagen y 8 bits por pixel (256 niveles de gris) lleva a un fichero de casi 200 Mbytes de volumen. Si queremos implementar un sistema de telemedicina de uso masivo, con cientos de miles de usuarios potenciales, estas cifras son astronómicas, tanto para su almacenamiento como para la transmisión.



Figura 3: La utilización de redes telemáticas acelera el proceso de envío de la secuencia de video ya que se prescinde del soporte físico.

Esto conduce a una clara conclusión: se requerirá un proceso de **edición** de la imagen así como un algoritmo de **compresión** de la misma, previos a la transmisión. La edición será llevada a cabo por los cardiólogos que deberán discriminar los fragmentos útiles de la secuencia, pero la compresión puede realizarse de forma totalmente transparente al usuario, justo antes de llevarse a cabo la transferencia. Se conseguirá así reducir el tiempo y los costes asociados al envío de secuencias entre hospitales remotos.

La introducción de algoritmos de compresión en imágenes médicas no es un tema trivial, ya que aparecen aspectos legales relacionados con la calidad de las mismas. Si se exige una compresión sin pérdidas (*lossless*), se alcanzarán relaciones de compresión de 2:1 o como mucho de 4:1. Este es el caso de la teleradiología, donde las imágenes de alta resolución no admiten ningún tipo de pérdidas. El algoritmo JPEG dispone de un modo sin pérdidas que es adecuado para estas situaciones. Si, en cambio, toleramos unas pérdidas que mantengan la calidad subjetiva de la imagen, podemos llegar a compresiones de 10:1 o incluso 20:1. En caso de que las imágenes sean en movimiento, se pueden utilizar algoritmos basados en la predicción y compensación del movimiento, como M-JPEG, MPEG-1 o MPEG-2. La telecardiología bascula entre las dos situaciones, ya que la información se encuentra en el movimiento del corazón, pero también en el análisis de las imágenes de los vasos coronarios.

Por otra parte, el gran volumen de información asociada a un examen impide que sea utilizada "en directo"; es decir, que la secuencia de video sea transmitida a todas y cada una de las estaciones durante la sesión de teleconsulta, ya que esto implicaría unas velocidades de algunos megabit/s por segundo. En el

ejemplo presentado anteriormente (25 imágenes por segundo, 512x512 pixels por imagen y 8 bits por pixel) obtenemos un flujo de más de 50 Mbit/s. Con algoritmos como los de la familia MPEG se podría comprimir hasta unas velocidades de entre 1 y 5 Mbit/s, pero aún así es poco realista suponer que se va a disponer de enlaces de estas capacidades. Por ello se impone el uso de una técnica que consiste en hacer una transmisión previa, a velocidades menores, antes de operar sobre el examen. Habitualmente esta transferencia se lleva a cabo durante la noche, cuando hay menos tráfico y las tarifas son reducidas. Por tanto, durante la teleconsulta las estaciones actúan sobre las copias locales de la secuencia, y la única información intercambiada son las acciones que se ejecutan sobre el examen (incluir una anotación, iniciar la reproducción, hacer pausas, etc). Esta técnica minimiza enormemente las necesidades de ancho de banda, si bien imposibilita que el sistema sea utilizado en urgencias.

El formato de la información

Un tema importante es decidir cuál será el formato de la información a transmitir. Nos estamos refiriendo no sólo al algoritmo de compresión utilizado, sino a las estructuras de datos que contendrán la información relacionada con el paciente y el diagnóstico, aparte de las imágenes.

Se deberá escoger un estándar internacional, con suficiente implantación como para esperar que cualquier máquina moderna de exploración (TAC, RMN, TEP) disponga de una salida de datos en ese formato. Así mismo, convendría que el formato permitiera la integración de la aplicación de teleconsulta y de los sistemas de almacenamiento del hospital. Finalmente debe ser flexible, moderno y apoyado por los fabricantes de equipos médicos y la industria informática.

El único estándar que cumple todos estos requisitos es **DICOM** (*Digital Imaging and Communications in Medicine*), desarrollado por el ACR (*American College of Radiology*) y el NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*). DICOM integra los aspectos de almacenamiento y comunicaciones. Está estructurado según la filosofía de programación **orientada a objetos**. Respecto a las comunicaciones sigue las directrices del modelo de referencia OSI (*Open System Interconnection*) de la ISO (*International Standards Organization*), un estándar de comunicaciones mundialmente aceptado que define un modelo de protocolo en 7 capas. DICOM recae sobre la séptima capa (nivel de aplicación).

El objetivo final de DICOM es permitir interoperabilidad (no sólo interconexión) entre los equipos de diferentes fabricantes, definiendo objetos con información explícita sobre imágenes, estudios, informes, pacientes, etcétera.

La red de acceso

El siguiente problema es: ¿qué tipo de red se necesita para desplegar el sistema en todo el territorio cubierto



por el Sistema Público de Salud? Estos son los requisitos [RIN99]:

- Se necesita una red con una penetración alta, para llegar a todos los centros primarios.
- El ancho de banda debe ser suficiente como para permitir una transmisión rápida de los estudios.
- Si se quiere que la teleconsulta sea realmente interactiva, es necesario disponer de capacidad para establecer canales de audio y vídeo que acompañen a los datos médicos.
- Es importante que el precio del despliegue sea asumible por la Administración. Deberemos tener en cuenta las redes disponibles: no es razonable desplegar infraestructuras de comunicaciones desde cero.

De entre las redes de acceso que se están utilizando hoy en día, sólo las basadas en el aprovechamiento del bucle de abonado telefónico son adecuadas, ya que nos ofrece una penetración de casi el 100% del territorio y ya está instalado (lo que permite minimizar el gasto de despliegue). Sin embargo, el problema es su escaso ancho de banda, lo que redundará en tiempos de transmisión largos y en mermas de la calidad de la videoconferencia durante la sesión de teleconsulta.

Tres son las tecnologías que usan el bucle de abonado: los módems telefónicos (sería V de la ITU-T), la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) de banda estrecha, y las redes ADSL (Asymmetrical Digital Subscriber Line). Sólo los dos últimos ofrecen un ancho de banda suficiente como para permitir una transmisión rápida, y entre ellos RDSI es una tecnología completamente desplegada y probada, característica importante si se quiere implantar un sistema fiable (tal como debe ser la telemedicina). Las líneas xDSL son una posibilidad de futuro, cuando la tecnología haya madurado. Otras posibilidades como las redes de cable HFC, o las inalámbricas LMDS y MMDS sufren de los mismos problemas: no están desplegadas a fecha de hoy, y no han sido suficientemente probadas.

Portanto, la mejor elección para las comunicaciones entre los hospitales de referencia y los centros primarios es RDSI. Dado que la transmisión de los estudios podría bloquear la línea durante algunas horas, es recomendable que las transmisiones se realicen durante la noche, aprovechando también el menor coste de las llamadas. Esto exigirá que la aplicación de telemedicina prevea la programación de transmisiones y mecanismos automáticos de transferencia que se disparen cuando llegue la hora adecuada.

Respecto a las comunicaciones entre los hospitales de referencia, o entre los secundarios y estos, lo más recomendable es el uso de redes del tipo MAN, con poca penetración territorial (suelen encontrarse en las áreas metropolitanas de las grandes ciudades, como la ya citada *Anella Científica* de Barcelona), pero disponen de un gran ancho de banda. Esto permitiría transmisiones a alta velocidad de gran cantidad de estudios, así como teleconsultas plenamente interactivas. Como veremos más adelante, la aplicación CARMEN ha sido diseñada para utilizar indistintamente RDSI y redes MAN.

Seguridad

Cualquier aplicación moderna de telemedicina debe prever los aspectos relacionados con la seguridad de la información médica que se está transmitiendo entre hospitales. Concretamente, hay que proporcionar las siguientes características:

- *Confidencialidad*: También llamada *privacidad*, es probablemente el concepto más común en criptografía. Se refiere a que la información (informes e historiales médicos) no pueda ser leída por personas no autorizadas. Se consigue mediante claves y algoritmos de cifrado: solo las personas conocedoras de las claves podrán acceder a la información en claro. En Medicina, la *confidencialidad* de los datos debe ser garantizada por motivos legales y de secreto profesional.

- *Integridad*: este concepto se refiere a que la información no pueda ser alterada maliciosamente durante la vida de la misma. Ninguna persona no autorizada debe poder manipular dicha información, al menos sin que las modificaciones pasen desapercibidas. La *integridad* se garantiza mediante funciones de *checksum* o bien mediante funciones de *hash*. De nuevo, hay que destacar la importancia de la *integridad* de los datos en el campo sanitario.

- *Autenticidad*: relacionada con la autoría de la información, la *autenticidad* es una característica de los sistemas de seguridad que pretende garantizar que el autor de un documento es, efectivamente, quien dice ser. La *autenticidad* está fuertemente ligada al concepto de firma digital.

- *No repudio*: muy relacionado con el concepto anterior, el *no repudio* pretende combatir la negación de la autoría de un documento determinado. El documento debe poder, mediante la utilización de técnicas criptográficas, identificar inequívocamente a su autor. Tanto la autenticidad como el *no repudio* deben ser garantizados en los informes clínicos, cuyo contenido es responsabilidad exclusiva de los médicos autores.

Capacidades de medida y sincronización

La utilización de aplicaciones informáticas permite al médico disponer de herramientas de medida precisas. Como se acaba de comentar, la medida de distancias y desplazamientos es de vital importancia en el diagnóstico cardiológico; una medida directa sobre la pantalla o sobre papel es sin duda una fuente de ineficacia e inexactitud. Dado que la reproducción de imágenes va a realizarse sobre un soporte informático, parece razonable integrar en el entorno un sistema de medida preciso. Dicho sistema debe incorporar facilidades para tomar longitudes y ángulos, así como llevar a cabo las calibraciones necesarias. Asimismo, se valorará enormemente la funcionalidad de lupa de aumento (*zoom*) que permitirá observar una imagen o una secuencia con un elevado nivel de detalle, incrementando así la precisión.

Un atractivo que solo pueden ofrecer las aplicaciones multimedia es el de añadir anotaciones de texto, dibujos a mano

alzada, o comentarios de voz directamente sobre las imágenes, así como la posibilidad de tener un puntero sincronizado en todas las estaciones que participan en la teleconsulta. Para que esto sea posible deben establecerse mecanismos de sincronía entre estaciones que sean suficientemente fiables como para permitir que ninguna estación quede “descolgada” del desarrollo de la sesión.

Aparecen así conceptos como WYSIWIS (*What you see is what I see* o “lo que ves es lo que veo”), también conocido como *sincronización de pantallas*, o lo que en Informática se conoce como *trabajo cooperativo* o CSCW (*Computer-Supported Cooperative Work*). Una buena aplicación de telemedicina debe incluir estas características.

Interacción con el usuario

Finalmente, debe cuidarse la manera en que el usuario accede a los servicios de la aplicación, haciendo especial hincapié en los siguientes aspectos:

Interfaz gráfico: Sin duda una interfaz atractiva resulta de gran ayuda y facilita en gran medida el trabajo del profesional, haciéndolo más llevadero. Atrás quedaron los tiempos donde la mayor parte de los programas funcionaban por líneas de comandos y modos de pantalla con sólo texto. El éxito de sistemas operativos como Windows ha contribuido en gran medida al uso generalizado de este tipo de interfaces. Esta es una característica que todo *software* con ánimo de ser utilizado debe seguir hoy en día.

Amabilidad: Tiene mucho que ver con la intuición y la facilidad de aprendizaje. Un programa *amigable* es, sin duda, aceptado mucho más rápidamente por los usuarios. Dado que una aplicación de telemedicina se destina a usuarios que, por definición, no son especialistas en ordenadores, sino expertos en medicina que usan una herramienta informática.

EXPERIENCIAS PREVIAS EN TELEMEDICINA

CARMEN no es el primer proyecto de telemedicina en el que la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC), y más concretamente el Departamento de Ingeniería telemática (DIT) ha participado. Han existido experiencias previas en el campo de la Teleradiología, entre las que hay que destacar los proyectos MARC (*Multimedia Application for Radiologist Communication*) y CARE/CARE-PC (*Computer Assisted Radiological Environment*).

MARC-CARE

La aplicación MARC fue desarrollada entre 1990 y 1993 por el DIT² de la UPC y fue mejorada entre 1994 y 1996 dentro del proyecto CARE con la colaboración del Centro de Visión por Computador (CVC)³ de la Universitat Autònoma de Barcelona.

(UAB). La aplicación fue financiada por la Generalitat de Catalunya y la Unión Europea, dentro del proyecto TelePresence impulsado por las regiones del consorcio "4 motores de Europa"¹⁴. El sistema fue construido sobre una *workstation Unix* que incorporaba facilidades multimedia como una tarjeta de adquisición y reproducción de audio y vídeo y un DSP específicamente dedicado. CARE ofrecía servicios de teleconsulta orientados únicamente a la radiología, proporcionando funcionalidades de gestión del historial médico del paciente, visualización de radiografías digitalizadas, inserción de anotaciones de sonido y de texto, así como el establecimiento de comunicaciones interactivas (teleconsulta) y no interactivas (transferencia de estudios) entre dos doctores. Se incluyeron diferentes servicios seleccionables independientemente por el usuario según la funcionalidad deseada y la velocidad de la conexión: un canal de voz de calidad telefónica, videoconferencia sobre LAN, sincronización de pantalla y cursor, en sus últimas versiones, videotelefonía sobre RDSI utilizando algoritmos de compresión de vídeo. [PAR94] [CAS94].

A pesar de los esfuerzos empleados durante todo su desarrollo, el proyecto CARE no pudo ser implantado en los hospitales catalanes. La causa principal fue probablemente económica: la plataforma Unix que se necesitaba era cara y exigía una inversión demasiado costosa para difundir amplia-

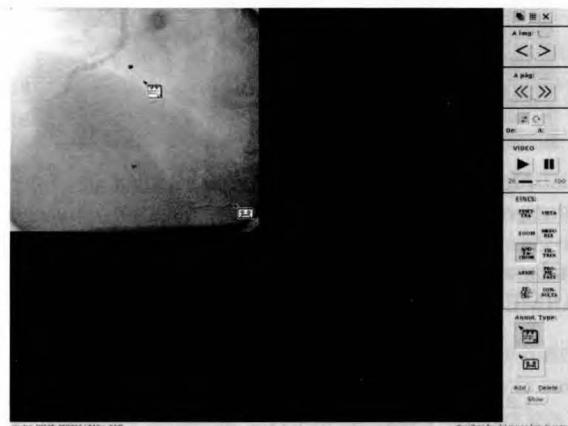


Figura 4: Editor de Imágenes y Secuencias de CARE. Se pueden observar una anotación de texto y otra de sonido. A la derecha, se muestran los controles del VCR Virtual.

mente la aplicación. Por otro lado, resultó especialmente complicado convencer a los doctores para que cambiaran sus hábitos de trabajo y utilizaran las herramientas informáticas de forma general. MARC-CARE justificó y nació como la aplicación *estrella* de la *Anella Científica*⁵, la red de comunicaciones de banda ancha que une las universidades y hospitales catalanes.

²<http://www-mat.upc.es>

³ <http://www.cvc.uab.es>

⁴ Nombre del consorcio creado por las autoridades regionales de Catalunya, Lombardía, Baden-Wuttemberg y Rhône-Alpes

CARE-PC

CARE-PC (1996) fue el primer desarrollo de una aplicación multimedia de telemedicina sobre plataforma PC [RIN96]. Se aprovechó el auge de los ordenadores personales para reconstruir la aplicación sobre una plataforma más barata que debía garantizar una difusión más amplia del proyecto. Se rediseñó la interfaz de usuario con el objetivo de hacerla mucho más atractiva y fácil de utilizar, aprovechando las facilidades proporcionadas por un sistema operativo "amigable" como Windows 95.

Dado su carácter de prototipo, CARE-PC tampoco llegó a implantarse comercialmente, pero parte del código de la aplicación fue aprovechado más tarde por sus aplicaciones sucesoras: tanto CAROLIN, que sí ha llegado a



Figura 5: Captura de pantalla del editor de secuencias de CARE-PC [RIN96].

instalarse en diversos hospitales italianos y catalanes, como CARMEN.

La experiencia adquirida en TelePresence sirvió para que en 1996 y 1998 vieran la luz dos otros proyectos de similares características, el TeleRegions SUN y el TeleRegions SUN2, respectivamente. Estos dos proyectos estaban a su vez enmarcados dentro de Telematics, un programa de la Unión Europea de ámbito más general cuya finalidad era potenciar el desarrollo de aplicaciones informáticas y de comunicaciones avanzadas. El objetivo de estas iniciativas fue poner al alcance del ciudadano una plataforma de servicios telemáticos integrados, mayoritariamente accesibles a través de Internet, relevantes para los sectores de la administración, el transporte, la sanidad, la educación y la actividad económica. CAROLIN y CARMEN, cuyo diseño centra este artículo, se enmarcan en el sector sanitario de TeleRegions⁶

CAROLIN

El proyecto de Telecardiología CAROLIN (*Co-operative Application for Remote On-Line Interactive Diagnosis*) fue creado por el instituto italiano de investigación CEFRIEL⁷.

Comenzó como una aplicación para estaciones de trabajo Unix; posteriormente se desarrolló una versión para PC y Windows95, ya con el nombre de CAROLIN. La aplicación ha tenido una vida muy similar y paralela al proyecto CARE.

CAROLIN se diseñó con el fin de proporcionar comunicación entre médicos localizados en hospitales diferentes a través del uso de los protocolos TCP/IP sobre LAN (Red de Área Local) y sobre RDSI (Red Digital de Servicios Integrados). La funcionalidad ofrecida por CAROLIN es parecida a la de CARE (teleconsulta y transferencia de ficheros de diagnóstico), siendo su objetivo principal el de reproducir fielmente las características de una consulta real, y así reducir el tiempo y los costes derivados del desplazamiento del paciente y/o del especialista [TOT98]. El diseño prestó especial atención a las interacciones entre el médico de cabecera y el especialista en cardiología y hemodinámica (anotaciones de texto y audio, anotaciones, sincronismo de pantalla y de cursor, etc.). En la actualidad, CAROLIN es un producto comercial que se encuentra funcionando en seis hospitales de la red CARDNET en Lombardía (Italia) [BOR99]; igualmente, CAROLIN está siendo evaluado por los médicos en diversos hospitales catalanes (Hospital de Bellvitge, Hospital Joan XXII de Tarragona, Consorci Hospitalari Parc Taulí de Sabadell).

EL PROYECTO CARMEN

CARMEN (*Co-operative Application for Remote MEDical consultationN*) nació como fruto del marco de colaboración interregional entre Catalunya y Lombardía [FRU99]. El propósito principal de esta colaboración es unir, mejorar e incrementar en una única aplicación del Telecardiología las funcionalidades de las aplicaciones telemédicas precursoras, CARE-PC y CAROLIN, presentadas en los dos apartados anteriores. Son cuatro las instituciones que colaboran en el desarrollo del proyecto: además de la UPC, la UAB, y CEFRIEL⁸, se une la empresa italiana Aethra⁹, que juega el papel de socio tecnológico: aporta las tarjetas RDSI y videoconferencia y lidera el proceso de reingeniería y comercialización de la aplicación.

Están nuevas aplicaciones incorporan potentes herramientas de seguridad para mejorar la confidencialidad. Se ha implementado el algoritmo de seguridad Anigma, que ofrece la posibilidad de encriptar y firmar los documentos relacionados con el diagnóstico. La identificación del médico se asegura mediante el uso de discos o tarjetas magnéticas, combinadas con *passwords*.

⁵ Revista TeraFlop, num. 32, mayo 1998, ed. CESCA <http://www.cesca.es/teraflop/tera32.pdf>

⁶ TeleRegions SUN Home Page. <http://www.teleregions.org> y <http://teleregions.gencat.es>

⁷ CEFRIEL, <http://www.cefriel.it>

⁸ AETHRA, <http://www.aethra.it>

La utilización del estándar de telemedicina DICOM, y el almacenamiento de larga duración en soporte CD son algunas de las nuevas funcionalidades que pretende proporcionar el sistema. Estas características posibilitarán la integración con el sistema de información y los equipos del hospital (adquisición de imágenes, archivos, etc.).

La aplicación puede ser utilizada en redes de comutación de paquetes que utilicen los protocolos TCP/IP (LAN, MAN, RDSI de banda estrecha, RDSI de banda ancha) y ha sido diseñada para funcionar independientemente de la tecnología de red, aunque el escenario típico de uso sea LAN para comunicaciones intrahospitalarias y MAN o RDSI para conexiones entre hospitales. Para permitir la interoperabilidad y el uso de cualquier tecnología de red, se ha adoptado el protocolo T.120 de la ITU.

La aplicación no se comunica únicamente con estaciones CARMEN, sino que puede exportar ficheros en formato DICOM aptos para ser leídos por otros aparatos, o ser enviados mediante



Figura 6: Aspectos estáticos WYSIWIS durante una sesión de teleconsulta con CARMEN. La imagen visualizada, sus atributos y anotaciones deben estar sincronizadas en todas las pantallas de las estaciones participantes

el módulo de correo electrónico integrado. También se pueden extraer copias en papel, a diferentes niveles de detalle, de la información contenida en los exámenes y en los informes de diagnóstico.

Se han implementado técnicas de tratamiento de imágenes para la mejora de la información gestionada por la aplicación, así como la posibilidad de introducir anotaciones de tipo multimedia (dibujos, sonidos, texto). Todo ello manteniendo siempre la filosofía WYSIWIS para sincronizar las estaciones durante la teleconsulta.

Dada la dimensión europea del proyecto, todos los módulos que forman CARMEN han sido desarrollados con la capacidad de cambiar fácilmente el lenguaje del interfaz. Inicialmente se han desarrollado versiones en italiano, inglés, español y catalán, pero el código es fácilmente adaptable a otros idiomas. Es destacable que las dos instancias de la aplicación pueden interactuar aunque utilicen idiomas diferentes; un médico cata-

lán puede conectarse con un cardiólogo italiano manteniendo cada uno de ellos el interfaz en su lengua propia.

Finalmente, cabe destacar que la plataforma formada por el PC y Windows nos proporciona un coste asequible y una facilidad de manejo de la aplicación, fundamentales para su éxito y aceptación entre la comunidad médica.

LA ARQUITECTURA DE CARMEN

CARMEN se compone de diferentes módulos que actúan sobre los datos correspondientes a los pacientes. La unidad básica de la aplicación es el **examen**. A continuación se enumeran los elementos que componen un examen en el contexto de CARMEN.

- **Secuencia de vídeo:** se trata del elemento más importante del examen. La secuencia está contenida en un fichero AVI o MJPEG, y es la base del diagnóstico que establecerán los cardiólogos.

- **Imágenes:** ficheros *bitmap* (BMP) que contienen aquellos fotogramas de la secuencia que el usuario considere de especial relevancia para determinar la dolencia.

- **Anotaciones:** ficheros que contienen las marcas gráficas (círculos, flechas, distancias, etc.), de texto y voz realizadas sobre las imágenes antes mencionadas.

- **Fichero de examen (EXM):** contiene los datos necesarios para reconocer el examen; en concreto contiene la información del paciente, del estudio y del profesional que llevó a cabo la consulta.

- **Informe (report):** se trata del documento en formato RTF (plantilla de Microsoft Word), debidamente cumplimentado y firmado electrónicamente, que refleja el diagnóstico acordado por los dos profesionales durante el proceso de teleconsulta.

- **Fichero DICOM:** fichero con extensión DCM que exporta el examen de CARMEN al formato universal DICOM, para que éste pueda ser leído por todos los sistemas compatibles con el estándar.

El examen es pues el elemento que dirige las acciones de CARMEN. Un examen pasa por diferentes estados, desde que la secuencia de vídeo se genera en los equipos médicos de adquisición de imagen, hasta que el informe de diagnóstico se firma y los ficheros correspondientes se guardan en el soporte de almacenamiento.

Base de datos

Los historiales clínicos de los pacientes constituyen la principal información que debe gestionar la base de datos de



CARMEN. Dicha información está organizada jerárquicamente en cuatro niveles, acordes con el estándar DICOM: nivel de paciente, nivel de estudio, nivel de serie (correspondiente al examen) y nivel de imagen. Dichos niveles corresponden igualmente a la semántica del mundo real; de este modo, un paciente

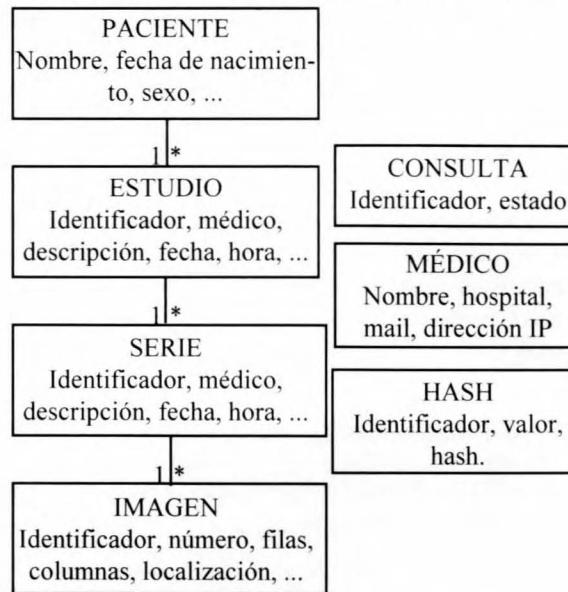


Figura 7: Esquema relacional de la base de datos de CARMEN

podrá tener asociado uno o más estudios, un estudio una o más series y una serie una o más imágenes. El esquema relacional ilustra y resume la jerarquía. Adicionalmente, se dispone de tablas adicionales que proporcionan un directorio de doctores (agenda), un control del estado de cada examen (consulta), y finalmente, información de seguridad (tabla de hash).

Browser

El elemento central o “puerta de entrada” de la aplicación es el navegador (*Browser*), que controla en todo momento el estado del examen e interacciona con el resto de módulos para llevar a cabo, a instancia del usuario, las operaciones principales que conciernen a dicho examen (introducción en la base de datos, edición, transmisión, teleconsulta, encriptación del informe, grabación en CD, correo electrónico, impresión, etc.). El

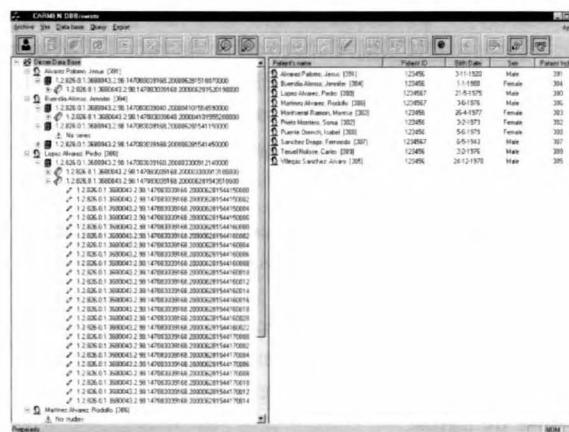


Figura 8: Interfaz gráfica del Browser. Se pueden observar diferentes niveles de la jerarquía DICOM desplegados en el árbol de la izquierda.

Browser se diseñó para que se pareciera lo máximo posible al Explorador de Windows; en vez de navegar por los directorios, da acceso a la base de datos DICOM.

Cliente y servidor



Figura 9: Aspectos dinámicos WYSIWIS durante la teleconsulta con CARMEN. En todo momento la imagen (frame) de la secuencia visualizada debe ser la misma en todas las estaciones participantes. La reproducción se hace de forma sincronizada.

El módulo llamado **cliente** juega un papel fundamental en el proyecto CARMEN. El cliente es la herramienta con la cual el cardiólogo podrá visualizar, anotar y manipular la secuencia de video y las imágenes a efectos de llegar a un diagnóstico. También será el cliente el encargado de dar soporte a la teleconsulta entre médico de cabecera y especialista. Se distinguen pues dos modos de funcionamiento de cliente: modo local (*stand alone*) y modo teleconsulta (sesión interactiva en el que se necesitará el apoyo del módulo *server*).

El cliente dispone de dos vistas: el VCR virtual y la vista de anotaciones y galería. La primera de las vistas intenta

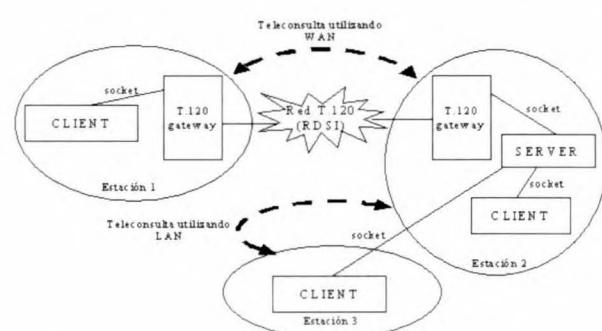


Figura 10: Esquema de los módulos implicados en una teleconsulta.

reproducir el funcionamiento de un video tal como los que utilizan los cardiólogos, con las funciones típicas (*play*, *stop*, *pause*, *frame-by-frame*, etc.). En la figura 9 se puede observar una muestra del aspecto del VCR virtual.

La vista de anotaciones permite, como su nombre indica, incluir anotaciones en la secuencia de vídeo, además de tratar la imagen (con filtros digitales), hacer medidas, zoom, exportar imágenes, visualizarlas en galería, etc. En la figura 6 se puede observar el aspecto de esta vista del cliente.

Hasta ahora, se han comentado las opciones que el cliente de CARMEN ofrece al médico cuando éste actúa autónomamente. Pero una de las funcionalidades de vital importancia que implementa el cliente es la teleconsulta. A continuación se verá como este módulo da soporte igualmente al trabajo en grupo y al diagnóstico cooperativo. En primer lugar, hay que destacar que en el proceso de la teleconsulta interviene un nuevo módulo de CARMEN: el servidor (*server*). Éste será el encargado de gestionar y de comunicar a ambos clientes los eventos que se producen durante la teleconsulta.

En una sesión de teleconsulta colaboran dos médicos participantes sentados frente a sendas máquinas CARMEN. Cada una de las dos máquinas está ejecutando una instancia del módulo cliente, y solo una de ellas (aquella que inicie la sesión interactiva) ejecuta el módulo servidor, al que ambos clientes deben conectarse (figura 10).

Durante la sesión de teleconsulta, todas las estaciones participantes pueden trabajar sobre la secuencia, ya sea mediante

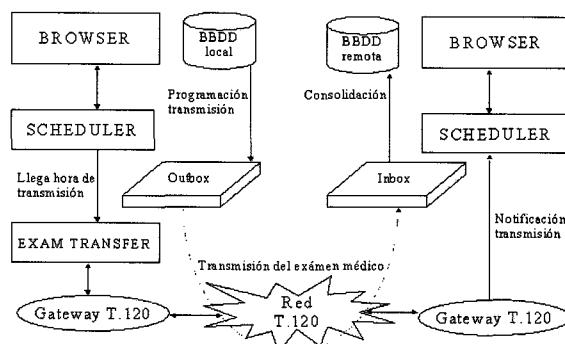


Figura 11: Esquema de la programación y posterior transmisión y consolidación de un examen.

acciones relacionadas con el VCR virtual o con la vista de anotaciones. La filosofía de trabajo sigue la técnica maestro-esclavo: sólo una de las estaciones tiene el control, mientras que el resto reproduce los cambios realizados por la estación maestra. Es muy importante que se mantenga la sincronía; no puede permitirse que las estaciones muestren a sus usuarios informaciones distintas. En las figuras 6 y 9 se muestran algunas de las acciones que se pueden realizar durante una teleconsulta.

Scheduler

El *Scheduler* (programador de transmisiones) es el módulo *inteligente* de comunicaciones. Su principal misión es coordinar a todos los módulos que intervienen en la transmisión de datos. Se ubica entre el *Gateway T.120* y la GUI implementada por el navegador (*Browser*). El *Scheduler* es un módulo sin

interfaz gráfica de usuario, y se ejecuta permanentemente, a modo de *daemon*. El objetivo principal de este módulo es hacer que las comunicaciones entre estaciones CARMEN sean totalmente transparentes al usuario.

La aportación del *Scheduler* puede ser dividida en dos grandes funcionalidades. Por un lado, coordinar, preparar y lanzar las transmisiones de exámenes médicos entre máquinas CARMEN; por el otro, coordinar y establecer las sesiones de teleconsulta entre dos estaciones. Hay que destacar que el *Scheduler* no es el encargado de llevar a cabo la transferencia de datos propiamente dicha (de eso se encargan los módulos del *Gateway* y del *ExamTransfer*), pero sí el responsable de preparar los parámetros y procesar los resultados de la misma. La inteligencia del módulo permite programarlo para transferir durante la noche, sin que el usuario tenga que estar presente, y que pueda responder a situaciones imprevistas como desconexiones, problemas de red, etc.

Otros módulos

El resto de módulos son auxiliares, y ayudan a los módulos principales a proporcionar las funcionalidades de usuario descritas en el apartado previo. Entre ellos podemos encontrar:

- **Dicomizer, AVIConverter:** Estos módulos hacen conversiones de la secuencia de vídeo entre los dos formatos utilizados: DICOM y AVI.

- **DigiCARMEN.** El primer paso dentro del proceso de diagnóstico es la adquisición y posterior edición preliminar de la secuencia digital de vídeo. El módulo *DigiCarmen* será el encargado de interaccionar con el equipamiento médico (angiógrafo) a través de la tarjeta.

- **SetupCARMEN.** CARMEN incluye un módulo de instalación y de configuración de la aplicación, que utiliza el registro de Windows para almacenar determinados parámetros que luego necesitarán los distintos ejecutables y librerías que componen el proyecto.

EL DESPLIEGUE DE CARMEN

Hemos visto que uno de los problemas de las aplicaciones de telemedicina es conseguir que realmente sean utilizadas por los médicos. CARMEN ha sido creada siguiendo las recomendaciones y sugerencias de un equipo de cardiólogos italianos, que se implicaron en el diseño desde las primeras etapas.

El prototipo de CARMEN será instalado en diversos hospitales para ser evaluado por médicos y cardiólogos. Concretamente, se trata de 8 hospitales de la red CARDNET⁹ (CARDiological NETwork) italiana y en tres hospitales catalanes, en los que CAROLIN se encuentra ya en funcionamiento. La lista de centros es la siguiente:



Hospitales secundarios (servicios de hemodinámica) de la CARDNET italiana:

- Ospedale Carlo Poma (Mantova)
- Azienza Ospedaliera di Lecco
- Instituti Ospedalieri di Cremona
- Ospedale San Carlo (Milano)

Hospitales terciarios (servicios de cirugía cardiovascular) de la CARDNET italiana:

- Spedali Civili (Brescia)
- Ospedale San Matteo (Pavia)
- Ospedale San Donato (Milano)
- Ospedale Sacco (Milano)

Hospitales que formarán parte de la futura red cardiológica catalana:

- Hospital de Bellvitge (Hospitalet de Llobregat)
- Hospital Universitari de Tarragona Joan XXIII
- Consorci Hospitalari Parc Taulí (Sabadell)

La red CARDNET se extiende únicamente en Lombardía. De momento, no existe su homónima catalana; las instalaciones que se han realizado en Catalunya hasta la fecha han sido meras pruebas piloto utilizando líneas RDSI a 128 Kbps. Sin embargo, proyectos como *I2-Cat (Internet 2 a Catalunya)*¹⁰ deben, a corto y medio plazo, proveer a los hospitales catalanes de una infraestructura de banda ancha, que servirá de soporte para la Telecardiología (CAROLIN/CARMEN) y otras aplicaciones de telemedicina en general.

IMPACTO DE LA APLICACIÓN SOBRE LOS USUARIOS

Es importante estimar el impacto que una aplicación de este tipo puede tener sobre el procedimiento cotidiano de diagnóstico en los hospitales. Así pues, la última palabra la tendrán siempre los médicos que, en definitiva, son los que pueden sacar provecho de las funcionalidades ofrecidas por CARMEN.

La introducción de herramientas telemáticas en el proceso de diagnóstico aporta sin duda enormes ventajas (no se va a insistir más en ello), pero su utilidad se verá limitada hasta que se produzca un efecto de inmersión del usuario [FRE98]. Esto significa que el médico debe llegar a pensar únicamente en su trabajo de diagnóstico, sin tener que preocuparse por la faceta informática, que no debe distraer su atención. El sistema resultará verdaderamente útil sólo cuando el usuario tenga asumido perfectamente su funcionamiento; no se podrá decir que la aplicación ha sido un éxito hasta que ésta forme parte de la vida cotidiana del hospital.

⁹ TeleRegions SUN2: la Rete CARDNET. <http://www.sanita.regione.lombardia.it/Progetti/CARDNET.htm>

¹⁰ Internet-2 a Catalunya (I2-CAT) <http://www.i2-cat.net>

Dado que CARMEN es todavía una aplicación en fase de desarrollo, no ha podido ser difundida ampliamente en los hospitales catalanes e italianos para su evaluación por parte de los cardiólogos. Por lo tanto, la valoración se hará basándose en su predecesora CAROLIN, que sí se encuentra ya funcionando a pleno rendimiento en la red CARDNET italiana. Los resultados se pueden perfectamente extrapolar al caso de CARMEN, ya que se trata, en definitiva, de la misma aplicación mejorada.

Los resultados estadísticos que se mostrarán a continuación son fruto de la experiencia piloto entre dos hospitales italianos que utilizan CAROLIN: la Azienda Ospedaliera di

Número de camas en el Departamento de Hemodinámica de AOC	45
Número de exámenes por semana	15
Porcentaje de pacientes que requieren consulta con especialista	50%
Coste del médico (no especialista) de AOC	Actividad normal
Coste por hora de consulta del especialista de SBC	85 \$
Coste del desplazamiento para la consulta	55 \$
Coste de una angiografía	835 \$
Coste de la operación de cirugía cardiovascular	> 12000 \$

Tabla 1: Algunos datos interesantes de las actividades y costes de los departamentos de AOC y SCB

Cremona (AOC, hospital secundario con departamento de hemodinámica) y el Spedali Civili di Brescia (SCB, hospital terciario con departamento de cirugía cardiovascular). Dichos resultados ilustran el impacto que una aplicación de Telecardiología como CAROLIN (o CARMEN) puede tener en la rutina de diagnóstico.

Antes de la introducción de CAROLIN, el médico de AOC tenía que llevar físicamente la cinta de vídeo al especialista de SCB para consultar y discutir los casos dudosos. En un contexto de estas características es donde los beneficios de la herramienta de teleconsulta deben subrayarse. Una primera tabla contiene algunos de los parámetros que entrarán en juego a la hora de evaluar las ventajas de herramienta telemática.

Con el objetivo de amortizar el coste de la consulta con el experto de SCB, se envía más de un paciente simultáneamente. El departamento de AOC es capaz de examinar una media de 15 pacientes semanales, la mitad de los cuales necesitará una segunda opinión. La frecuencia de estas consultas con el especialista es bimensual, y por tanto se discuten 15 casos por sesión. Considerando una media de unos 20 minutos por caso, la sesión completa necesita no menos de 6 horas (un día de trabajo) más el tiempo asociado al desplazamiento (una hora en coche). Aunque una solución de estas características ayuda a reducir costes, los tiempos de espera de los pacientes se ven considera-

	Antes	Después
Frecuencia de las consultas	Bimensual	Semanal
Tiempo de edición para cada examen	Ninguno	3 minutos
Tiempo de consulta para cada caso	20 minutos	15 minutos
Casos discutidos en cada sesión de consulta	15	7
Duración de la sesión de consulta	6h + tiempo de viaje	1 hora
Coste de la sesión de consulta	565 \$	Actividad normal
Tiempo medio de espera del resultado de un examen	4-10 días	3 días
Tiempo medio para operar a un paciente	1 mes	15-20 días

Tabla 2: Algunos índices relevantes antes y después de la introducción de CAROLIN.

blemente alargados, con las consecuentes posibles complicaciones clínicas.

La segunda tabla compara algunos índices de las actividades del departamento de hemodinámica de AOC antes y después de la introducción de CAROLIN. La primera diferencia significativa radica en la frecuencia de las consultas, debido al menor coste que acarrea una teleconsulta. En segundo lugar, cada consulta se reduce ahora sólo 15 minutos por caso, gracias a la ayuda prestada por las herramientas informáticas (medidas de distancias y ángulos, *zoom*, moviola virtual, etc.) proporcionadas por la interfaz gráfica de usuarios (GUI) de CAROLIN. Con el mismo número de pacientes y porcentaje de casos dudosos, se pueden discutir ahora aproximadamente 7 casos por sesión de teleconsulta, en un tiempo de 1 hora o menos. Cada 2 semanas, utilizando CAROLIN, los dos profesionales pueden discutir 15 casos en sólo 2 horas de trabajo.

La utilización de CAROLIN exige dos actividades adicionales respecto al procedimiento tradicional de consulta: la edición previa de la secuencia de vídeo y la transmisión de la misma. La primera apenas requiere 3 minutos si el usuario está familiarizado con la herramienta y la segunda puede llevarse a cabo durante la noche. Por lo tanto, ninguna de las dos operaciones retrasa significativamente las consultas y, en definitiva, no se aumentan los tiempos de espera ni los costes asociados.

Así pues, el uso de una aplicación de Telecardiología como CAROLIN o CARMEN puede tener un gran impacto sobre la rutina de diagnóstico en los hospitales. Los tiempos de diagnóstico se ven considerablemente reducidos, al igual que los costes de la consulta. Además, la gran ventaja que estos sistemas pueden llegar a ofrecer es la libertad para establecer teleconsultas en el momento que éstas se necesiten, sin una estricta planificación previa. Se consigue así una mejora palpable de la calidad del servicio sanitario.

CONCLUSIONES

Este artículo ha descrito el diseño y el desarrollo de CARMEN, un proyecto de telecardiología enmarcado en un contexto de proyección europea. Se ha conseguido desarrollar con éxito y poner en funcionamiento una potente herramienta software de telemedicina. La aplicación facilita la gestión, la transferencia y la seguridad de los historiales clínicos, y posibilita a los médicos un trabajo cooperativo en la tarea de diagnosticar enfermedades. El objetivo de acelerar el envío de secuencias angiográficas y, en última instancia, de evitar los traslados de pacientes entre la jerarquía de hospitales, a fin de obtener la opinión experta del especialista en hemodinámica, ha sido así ampliamente alcanzado.

Está previsto instalar próximamente la aplicación en 3 hospitales catalanes y en los 8 hospitales italianos que configuran la red CARDNET, donde CAROLIN, predecesor de CARMEN, se encuentra ya funcionando a pleno rendimiento. La finalidad principal de dichas instalaciones será la evaluación exhaustiva de las funcionalidades del programa por parte de los cardiólogos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer los esfuerzos de los desarrolladores que han participado de una manera u otra en el diseño de la aplicación, desde los pioneros del MARC hasta los partners europeos como la UAB, CEFRIEL y Aethra, así como a los cardiólogos que han colaborado en el desarrollo. Sin la ayuda de todos ellos nunca se podría haber llevado a cabo este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- [BOR99] Borghi G., E. Brenna, R. Fogliardi, E. Frumento, L. Luzzi, V. Montericco, "Sanità e reti telematiche: il caso della rete CARDNET in Lombardia", Progettare per la Sanità, 54: 56-65, 1999.
- [CAS94] J. Casademont, J. Paradells, S. Sallent, J. Borràs y J. Garcia, "MARC (Multimedia Application For Radiologist Communications)", Melecom'94, Turquía, 1994.
- [FOG00] R. Fogliardi, E. Frumento, D. Rincón, M. A. Viñas, M. Fregonara, "Telecardiology: results and perspectives of an operative experience", Journal of Telemedicine and Telecare, 6 (1), pp. 162-164, 2000.
- [FRE98] M. Fregonara y E. Frumento, "On-Field Evaluation of CAROLIN, an Italian Teleconsulting Cardiology Application: Early Results", Proc. Of Computers in Cardiology - CIC98, vol.25, pp. 217-220, Cleveland, Ohio (USA), September 1998.
- [LOP00] Pedro López, "Aportaciones al desarrollo de una aplicación de telemedicina". Proyecto Fin de Carrera, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Director: David Rincón. 2000.
- [PAR94] J. Paradells, J. Casademont, S. Sallent y J. Borràs, «MARC: A Teleradiology System», Multimedia 1994, Japón, 1994.
- [RIN96] David Rincón, "Definición e implementación de una aplicación multimedia de Telecardiología sobre plataforma PC y entorno Windows95". Proyecto Fin de Carrera, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya. Director: Josep Paradells. 1996.
- [RIN99] D. Rincon, E. Frumento y M.A. Vinyas, «Description of a Teleconsultation platform and its interaction with access networks». Proc. Of the 5th Open European Summer School - EUNICE99 (ISBN 84-7653-717-4), pp. 145-150, Barcelona, Spain, Septiembre 1999.
- [SAN95] J. H. Sanders and R.L. Bashshur, "Challenges to the Implementation of Telemedicine", Telemedicine J., vol.1, no. 2, 1995, pp. 115-123.
- [TOT98] P. Totaro, R. Fogliardi, «Application CAROLIN, Cooperative Application for Remote On-Line Diagnosi», Proc. of TeleRegions Conference, Wien(Austria), November 1998.
- [VAL97] G Valetto. "CAROLIN - Integrated support to medical GroupWare over wide area networks", Proceedings of 3rd International Conference on Networking Entities, 1197, Ancona (Italy).





REDES RADIOELÉCTRICAS BASADAS EN AERONAVES ESTRATOSFÉRICAS: EL EJEMPLO HELINET

X.A.Delgado-Penín, E.Bertrán i Albertí

Departamento Teoría de la Señal y Comunicaciones U.P.C.

1.-INTRODUCCION

En la comunidad científica-tecnológica relacionada con el mundo de las Telecomunicaciones se está abriendo paso el interés por el uso de plataformas aeronáuticas estratosféricas, es decir, globos aerostáticos, aviones tripulados ó aviones no tripulados para crear redes de Telecomunicación complejas y/o llevar a cabo diferentes servicios de control de tráfico (terrestre y/o marítimo) ó medioambientales. De este modo se podrán realizar funciones que hoy se desarrollan mediante satélites de Telecommunicación, tales como: transmisiones de señales telefónicas y/o televisivas; transmisiones de datos en el ámbito Internet; radiodifusión directa de televisión (DVB-S) o de audio (DAB); control y/o monitorización de un territorio a través de mapas digitalizados; prevención de catástrofes naturales;etc.

Dichas plataformas denominadas HALE («High Altitude Long Endurance») o HAAPS («High-Altitude Aeronautical Platforms») son estructuras que competirán directamente con los satélites artificiales de baja cota LEO («Low Earth Orbit»). Su objetivo será,entre otros posibles,el de suministrar Servicios de Banda Ancha, tales como:vídeo interactivo,TV digital,conexiones a Internet a gran velocidad,etc.Una de las hipótesis de partida para tener cobertura radioeléctrica asociada a dichos Servicios durante las 24 horas deberá ser la de tener en vuelo sobre un territorio equivalente a un area metropolitana entre una y tres plataformas(grandes globos ó aviones) disponibles. En el caso de aviones, debido a la altura(entre 15 y 20 Km) del vuelo en régimen de aparcamiento(fase en la que se transmiten/reciben señales de los Servicios) no se necesitarán equipos complejos en el territorio a cubrir, y se preveen capacidades en ambos sentidos de transmisión del orden de 100 Mbits/sg.[1]

Para disponer de capacidades como las antedichas ha habido que llevar a cabo diversos proyectos en todo el mundo.Los trabajos pioneros en este ámbito han sido los que realizaron las grandes organizaciones espaciales: la NASA a través de los

programas ERAST [2] y ER-2 [3] y la ESA mediante el programa HAVE [4].En el ámbito de los países europeos con capacidad de realizar proyectos por su cuenta sólo se realizó la plataforma SOLITAIR [5] de Alemania.

En las circunstancias actuales y debido al fuerte interés comercial en el uso de Internet y de las comunicaciones móviles de tercera generación

*HELINET tendrá como
elementos fundamentales aviones
no tripulados (Plataformas
HELIPLAT) que serán los nodos
aéreos de la red*

han aparecido alternativas tecnológicas factibles.El programa SKYStation [6] en USA reutilizó aviones de procedencia militar como estaciones base y creó posteriormente un ente comercial que se ocupará de diseñar y desarrollar una red denominada HALO («High Altitude Long Operation») [7]

En Europa, a la vista de lo que está sucediendo en USA y Japón ,se inició el año 2000 el despegue de un proyecto ambicioso denominado HELINET, proyecto subvencionado por la Unión Europea para alcanzar objetivos semejantes a los de las plataformas previstas en otros lugares del mundo.

2.-HELINET(HELIPLAT NETWORK)[8]

La futura red HELINET se está diseñando y desarrollando en su primera fase (Heliplat) por un consorcio europeo (entre cuyos miembros españoles se encuentran CASA y la UPC) de diez miembros pertenecientes a seis países en el ámbito del quinto programa marco de la U.E. [9]

HELINET tendrá como elementos fundamentales aviones no tripulados (Plataformas HELIPLAT) que serán los nodos aéreos de la red.Dichos aviones serán propulsados mediante

motores eléctricos alimentados por células solares y de «fuel» especiales. En la actualidad se está en la fase de diseño y construcción del primer prototipo.

La red de estaciones embarcadas estará conectada con estaciones terrestres de control. Además, existirán conexiones radioeléctricas con satélites, centros de control de tráfico aéreo y centros reguladores. La cobertura sobre un territorio predefinido deberá ser posible durante todo el día. Desde el punto de vista de la fiabilidad se prevé la sustitución de cualquier plataforma malfuncionante para mantener los posibles servicios durante las 24 horas del día.

2.1 Algunos aspectos técnicos de las aeronaves

El desarrollo y construcción de la aeronave real (Heliplat) concluirá en un aeroplano que dispondrá de ocho motores eléctricos situados en las dos alas delanteras principales. La envergadura prevista es de 73 metros (el primer prototipo en construcción - a escala- tendrá una envergadura de 24 metros y la imagen virtual del prototipo es la que se acompaña). Cada aeronave de la red deberá estar en «aparcamiento» en una altura aproximada de 19 Km con relación a tierra durante un tiempo de 9 meses.[10]



Figura1: Prototipo de aeronave Heliplat

Entre los subsistemas previstos y en fase de estudio se distinguen los siguientes:

- Sistema de alimentación eléctrica
- Sistema de motores eléctricos
- Sistema de aviónica (guiado y supervisión)
- Sistema de Telemetría, Telemando y Control
- Sistema de «Housekeeping» de la aeronave
- Carga útil (payload) para control de tráfico
- Carga útil (payload) óptica
- Carga útil (payload) para Sistemas de Tele- comunicación de Banda Ancha

La aeronave no deberá superar los 500 Kg de peso, de los que aproximadamente 100 Kg dedicados a todos los subsistemas y cargas útiles. La po-

tencia a consumir deberá estar limitada a 800 vatios para el total de estos subsistemas

2.2 Cargas útiles

El objetivo de HELINET será proporcionar unos servicios a través de las cargas útiles que llevan las plataformas. El diseño de dichas cargas útiles está relacionado con tres aspectos: -Control de tráfico -Control medioambiental -Servicios de Banda Ancha

El subsistema que facilitará actividades relacionadas con control de tráfico de diversos tipos deberá satisfacer unas premisas que ya están siendo consideradas en el estándar GSM-R (sistemas GSM

El objetivo de HELINET será proporcionar unos servicios a través de las cargas útiles que llevan las plataformas

para el ámbito ferroviario). Ello implicará unos equipos de transceptores que deberán operar en las bandas dedicadas en Europa a aquellos sistemas.

La carga útil que facilitará el control medioambiental estará compuesta por un equipo radiométrico óptico con resoluciones de las imágenes obtenidas de diferente calidad según los escenarios observados. Cada imagen deberá cubrir un área de 16 Km cuadrados aproximadamente.

Los sistemas de banda ancha trabajarán en la banda de 48 Ghz., lo que facilitará grandes capacidades. Aquí serán muy importantes las diferentes coberturas previstas desde la aeronave hacia tierra [11].

3.- POSIBILIDADES DE USO DE HELINET

Como se ha comentado anteriormente, las diferentes cargas útiles proporcionarán diferentes servicios. Por lo que se refiere a la aplicación de control de tráfico serán posibles los siguientes servicios:

- Navegación inteligente de automóviles
- Monitorización automática de vehículos
- Monitorización del tráfico ferroviario de alta velocidad

-Control de tráfico marítimo en aguas costeras

Respecto al Control medioambiental se prevén las siguientes posibilidades de monitorización:

- Agricultura (valoración de daños de diversa índole)
- Ámbito forestal(detección e identificación de fuegos)
- Hidrología(gestión de riegos,avenidas, catástrofes de diverso tipo)
- Control de contaminación en costas, ríos y mares
- Control de desastres naturales (Tornados, terremotos, erupciones volcánicas)
- La última carga útil facilitará servicios de Infocomunicaciones como los siguientes:
- Radiodifusión TV/video bajo demanda
- Transferencia de grandes ficheros (Download)
- Servicios vocales:normales y de emergencia
- Servicios de Correo Electrónico y de mensajes cortos
- Videoconferencia Todo lo antedicho es posible debido a las características de transmisión/recepción de las cargas útiles que llevará Heliplat.

4.- VENTAJAS RELATIVAS

Las redes estratosféricas tienen ventajas con relación a las redes radioeléctricas terrestres en diversos aspectos.Uno de ellos es la disminución drástica en el uso de estaciones base para radiocomunicaciones móviles celulares .A medida que crece la demanda es necesario reingeniar todos los sistemas.En el caso de las aeronaves, la presencia de una estación base embarcada resolverá el problema en un area de cobertura donde el canal aeronáutico es solo afectado por atenuaciones de

El interés de este tipo de tecnologías está ligado a las características aeronáuticas de la plataforma y a los diferentes servicios que se podrán prestar

los meteoros o por fading Rice. Las redes con satélites LEO estarán en desventaja con relación a las redes de aeronaves por el tamaño de las constelaciones que deberán ponerse en marcha en el caso de los LEO.La experiencia de Iridium no debe caer en el olvido(ha desaparecido su servicio por baja rentabilidad).

5.-CONCLUSIONES

El interés de este tipo de tecnologías está ligado a las características aeronáuticas de la plataforma y a los diferentes servicios que se podrán

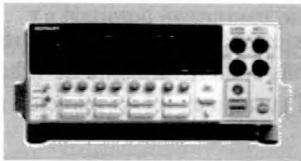
prestar.Desde el punto de vista radioeléctrico; las bandas de trabajo de estos sistemas condicionan principalmente la provisión de Servicios de Banda ancha. En efecto, para la región europea se dispone en estos momentos de las bandas de 47/48 Ghz y de

Los sistemas de banda ancha trabajarán en la banda de 48 Ghz., lo que facilitará grandes capacidades

2 Ghz que son suficientes para todos los servicios previstos. En el caso de otros territorios, las bandas pueden plantear problemas diferentes a los que se originarán en USA y Europa.

6-BIBLIOGRAFIA

- [1] Djuknic G et al:»Establishing wireless communications services via High-Altitude Aeronautical platforms:a concept whose time has come»-IEEE Communications Magazine,September 1997
- [2] Proyecto ERAST.Sitio WEB:www.dfrc.nasa.gov/Projects/erast/index.html
- [3] Proyecto ER-2.Sitio WEB:www.dfrc.nasa.gov/Projects/airsci/general/er-2/index.html
- [4] Proyecto ESA HAVE.Sitio WEB.www.estec.esa.nl/HAVEwww/HAVE.html
- [5] Proyecto Solitair.Sitio WEB.www.ft.bs.dlr.de
- [6] Proyecto Skystation.Sitio WEB.www.Skystation.com
- [7] Colella NJ et al:»The HALO network». IEEE Communications Magazine,June 2000
- [8] Sitio WEB de HELINET.www.helinet.polito.it
- [9] Proyecto IST-1999-11214.»Network of stratospheric platforms for traffic monitoring, environmental surveillance and broadband services». (2000-2002)
- [10] Romeo G:»Design proposal of High Altitude Very-Long Endurance solar powered platform for earth observation and telecommunications applications»-48th International Astronautical Congress, October 1997,Turin
- [11] Grace D et al:» LMDS from High Altitude Aeronautical Platforms».IEEE Globecom 99.Brasil



TENDENCIA FUTURA DE LA INSTRUMENTACION INTELIGENTE

Msc. Ing. Angel Custodio Ruiz

Prof. Asistente del Dpto. de Ingeniería Electrónica de la UNEXPO, Vicerrectorado Puerto Ordaz, Venezuela.

Doctorando del Departamento de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica de Catalunya

custodio@eel.upc.es

Actualmente la industria quiere sensores más modernos, sin contactos y no invasivos [1]. El advenimiento de Internet y su aplicabilidad en casi todos los campos ha abierto la puerta al desarrollo de sistemas de control de una forma antes inimaginable.

Las nuevas tecnologías nos impactan por que generan dispositivos más pequeños, con mejor performance y menos caros.

NUEVOS SENSORES

En la tabla I se tiene un resumen de algunos de los nuevos tipos de sensores:

Tipo	Tecnología	Aplicación
Sensor de imagen	Basados en CMOS	Consumo electrónico Videoconferencia PC Automóvil Trafico y seguridad Biometrico
Detector movimiento	Infrarrojos, ultrasonidos, microondas / radar	Activación de luz Control de construcciones Seguridad Detección de obstrucción Baños Videojuegos y simuladores
Biosensores	Electromecánicos	Test de agua Contaminación de alimentos Agentes biológicos Equipos médicos
Acelerómetros	Sensores basados en microelectromecánica	Sistemas dinámicos de vehículos Monitoreo de pacientes ambulatorios

Tabla I. Nuevos sensores

La tecnología nos desborda:

1. Procedimientos de medida robustos: Microondas y radar para medidores de nivel en lugar de los de medición diferencial, caudalímetros magnetooinductivos en lugar de los de orificio, medidores de nivel utilizando instrumentos tuning fork en lugar de flotador, y caudalímetros de coriolis en lugar de caudal volumétrico, temperatura y presión.
2. Procedimientos específicos son reemplazados por métodos paramétricos. Ejemplo, procesos espectroscópicos y cromatográficos en medidas analíticas en lugar de procesos potenciométricos o amperimétricos.

3. Uso de microelectrónica, que reduce el tamaño de los sensores, ofrece seguridad, etc.
4. Electrónica de alta temperatura.
5. La micromecánica.
6. Autocontrol por sensores.
7. Medida de muchos parámetros en un punto determinado, por ejemplo, medidores de caudal, densidad y temperatura por Coriolis.
8. Medida sin contacto.
9. Nuevos materiales. Nuevos vidrios para Phímetros, cerámicas para celdas de presión, etc.

Sin embargo el desarrollo se ha personalizado según el fabricante creando un grave problema de compatibilidad.

LA GLOBALIZACION EN LA INSTRUMENTACION

El proceso de estandarización orientado a solventar este problema ha sido largo destacándose los siguientes hechos [2]:

1965	HP diseña el HP-IB bus
1975	HP-IB se convierte en IEEE 488
1987	IEEE 488 se transforma en IEEE 488.1 IEEE 488.2 es adoptado
1990	SCPI es introducido
1991	IEEE 488.2 es revisado

- IEEE-488.1 Estandarización del bus
IEEE-488.2 Estructura de datos y sintaxis, comandos comunes.
SCPI Modelo de instrumentos abstractos.

Sin embargo cuando parece que se está llegando al final del túnel, las nuevas tecnologías vuelven a crear divergencias: Se plantean nuevos buses que tratan de



aprovechar las velocidades y distancias de la fibra óptica; entra Internet en juego y nace el concepto de instrumentación virtual

ENTRA EN JUEGO LA INSTRUMENTACION VIRTUAL

El concepto de instrumentos virtuales fue introducido 1990 en el mercado. Su objetivo fundamental era proveer un soporte amigable para implementar y ejecutar el algoritmo de medición y poder utilizar los recursos del hardware.

El nombre de virtual se debe al aspecto realista y operaciones que se parecen al del instrumento real.

Sin embargo como se ha mencionado hay dos aspectos que se deben resolver. El soporte físico o la forma de interconectar los instrumentos, y el protocolo de comunicación.

En el primer caso, el alto costo de las redes desarrolladas ha abierto la puerta a la posibilidad de usar Ethernet.

IRRUMPE INTERNET - ETHERNET

La ventaja de Ethernet es ser un estándar abierto de conectividad [3]. Algunos fabricantes de PLC o sistemas distribuidos soportan solo su red preferida (profibus o fieldbus por ejemplo), pero Ethernet todos los soportan.

Es posible que sea el RS 232 del próximo milenio.

Ethernet fue desarrollado por Xerox en los 80 y fue tomado como estándar por la IEEE 802.3 en 1988. Desde entonces es el estándar dominante en las LAN.

Ethernet esta formada por dos partes: el nivel físico que define los cables, conectores y características eléctricas; el nivel data-link que define el formato de transmisión, chequeo de errores y direccionamiento.

Una desventaja es su carácter no determinístico. Sin embargo este no es grave si se reduce y controla la cantidad de conexiones a la red. Si hay mas conexiones habrá que usar bridge y router. Estudios realizados en los 80 han demostrado que para una red sin carga el retardo es lineal y menor a 2 ms. Si esta cargada será de 30 ms. Esto puede ser no importante para la mayoría de los procesos.

El interés sobre el uso de Ethernet en instrumentación es viejo. Ya ABB y Foxboro usaron Ethernet para comunicar sus equipos dándole a sus sistemas nombre comerciales (como para despistar) MasterBus 300 y Nodebus respectivamente.

Mas recientemente Modicon, Opto 22 y otros vendedores de PLC han lanzado equipos con Ethernet.

Otro problema es estandarizar los conectores de campo a Ethernet. La más común variación de Ethernet (10 base-T y 100Base-T) usan jack RJ-45 parecido al de los teléfonos.

Del punto de vista de arquitectura, la Ethernet se ha reforzado utilizando el nombre de Ethernet industrial (<http://www.IndustrialEthernet.com>)

Ethernet industrial es similar al Ethernet normal aunque ha sido rediseñado para poder ser usado en el campo industrial.

Esta tiene redundancia incorporada y durabilidad lo cual es necesario para los equipos que permanecen conectados a pesar de las duras condiciones de la fábrica.

El termino «Ethernet Industrial» define el hardware. La red corre software para que los equipos puedan comunicarse con otros equipos.

El uso de Ethernet esta ganando adeptos por su velocidad, menor coste y ser realmente abierto. El problema de no ser determinístico está resuelto para la Ethernet Industrial: una aplicación de HP ha logrado realizar varias aplicaciones críticas, mantenido una precisión mejor que 500 ns usando Ethernet en el control de redes. También la Fielbus lo ha adoptado como su red de control (H2).

En la figura 1 una aplicación práctica industrial.

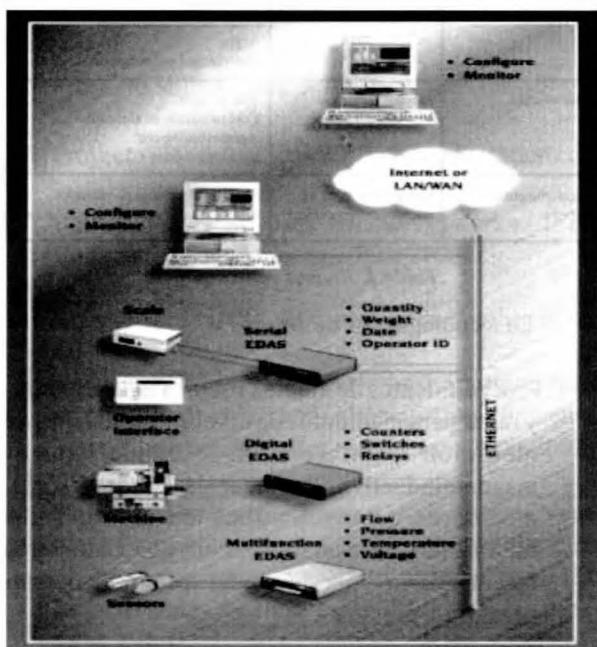


Figura 1. Conexión de diversos elementos de instrumentación y administración a la misma red Ethernet.

APLICACIÓN PRACTICA DE ETHERNET

Ya National instrument propuso una forma de usar Ethernet [4]. El diagrama de bloques de su propuesta se indica en la figura 2.

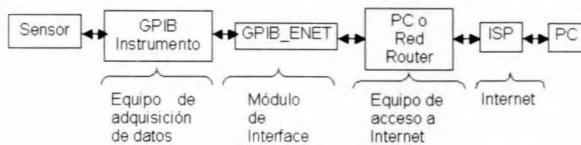


Figura 2. Esquema de la conexión de un instrumento a Internet vía Ethernet

En primer lugar hay que usar un sistema de adquisición de datos compatible con los protocolos de Internet, el cual incluye TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), y UDP (User Datagram Protocol).

Actualmente se envían los datos vía GPIB (IEEE 488), 4-20 mA, o comunicación serial, ninguno de los cuales es compatible con Internet. Ya que Ethernet es utilizado por la mayoría de las empresas y este es compatible con Internet, se seleccionará un sistema de adquisición compatible con Ethernet. Para ello hará falta un módulo de interfaz que convierta GPIB a Ethernet: Ellos proponen su producto GPIB-ENET.

Algunas empresas como Keithley Instruments (Clavelant, OH) proponen el Smart-Link que miniaturiza instrumentos controlados por interface Ethernet.

El próximo paso es conectar el cable Ethernet a un equipo conectado a Internet. Una información en Ethernet permite ser accedido en cualquier parte de la empresa conectada a Ethernet. Para seleccionar el proveedor de Internet (ISP) debe determinarse primero el ancho de banda deseado. La conexión ISP varía en términos de los datos trasmisidos en ancho de banda. Algunas de las opciones incluyen T1 line a 1544 Mbps, un ISDN Primer a 1544 Mbps, un ISDN line a 64 Kbps o 128 Kbps, o un model link a 56 Kbps.

Ahora se debe establecer una dirección IP. Esta dirección son disponibles desde Internet (www.internic.net). Esto puede costar 100 \$ por dos años.

Próximamente se debe adquirir un software que permita establecer la comunicación entre Internet y el adquisidor de datos (ejemplos son el Keithley Instruments' TestPoint y National Instruments' LabView). Algunos equipos permiten compatibilidad con protocolos de Internet, por lo que pueden tener la función de servidor de Web. Esto permite que un buscador de Web interactúe con la aplicación.

Ahora se debería programar los valores y especificaciones requeridas para operar la red (IP dirección, tipo de protocolo TCP/IP o UDP y el puerto).

Una aplicación realizada por la National Instruments consiste en el control de la temperatura de un tanque (figura 3).

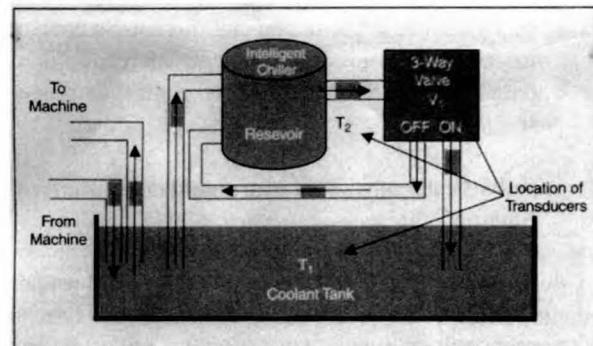


Figura 3. Proceso utilizado por National Instruments para demostrar la posibilidad de controlar un proceso por Internet.

La demostración fue realizada en la International Society for Measurement and Conference (ISA) Expo98 realizada en Houston, TX, OCT 98. Y puede ser vista en <http://motion.aptd.nist.gov/P1451/ISADemo.htm>, tal como se muestra en la figura 4.

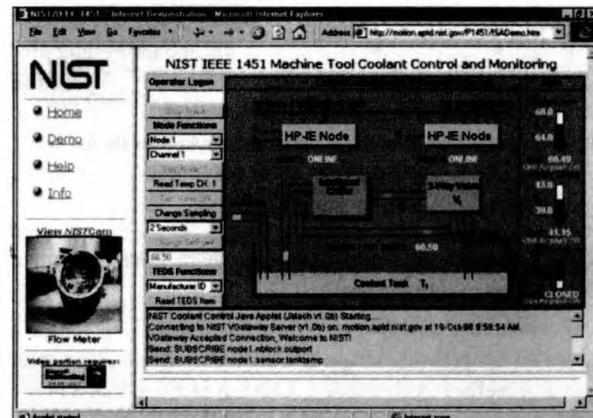


Figura 4. Página web de National Instruments donde se podía ver el proceso controlado.

TRATANDO DE CONECTAR DIRECTAMENTE EL INSTRUMENTO A INTERNET

Lamentablemente esta aplicación de National Instrument es costosa y tiene muchos intermediarios: La idea sería simplificar tratando de estandarizar un protocolo que conecte directamente el instrumento a Ethernet.

Pero a parte del protocolo propio de Internet, es decir, TCP/IP, existen otras propuestas para lograr esta simplificación:



- Modbus/TCP propuesto por Schneider Automation, los cuales son soportados por la industria y son simples de implementar. Pero tiene la desventaja que no soporta las comunicaciones basada en objetos. Cuando lees un equipo Modbus, se consigue el dato pero no los detalles de su función y formato.
- IEEE P1451.1 el cual garantiza ver el objeto como es. Es fácil de implementar en Ethernet. Su problema es si conseguirá el suficiente mercado como para transformarse en el líder en control de procesos.
- Fieldbus esta trabajando para amoldar su sistema al Ethernet.

La norma IEEE 1451 (comité TC-9) es el primer intento serio, no comercial de estandarizar la conexión de los instrumentos directamente a cualquier bus, en este caso a Ethernet.

En la figura 5 se muestra un resumen de la misma.

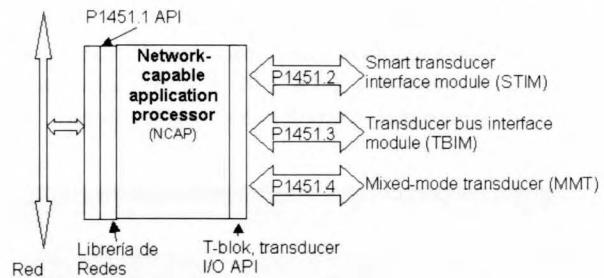


Figura 5. Resumen de todos los elementos de la norma P1451 de la IEEE.

Un procedimiento para usar esta norma junto a Ethernet es explicado por HP [5]:

PASOS PARA LA CONEXIÓN DE UN SENSOR A INTERNET DIRECTAMENTE

Paso 1: Se selecciona IEEE 1451.2 como la interfaz del dispositivo. Esta norma permite un sensor y actuador portable independiente de la red lo cual

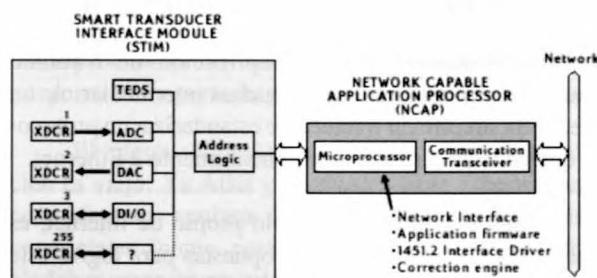


Figura 6. Esquema general para la conexión directa de un instrumento a Internet.

simplifica la instalación, integración y mantenimiento (figura 6).

Paso 2: Se selecciona Ethernet como la red de campo.

Paso 3: Se construye el transductor electrónico. Un kit desarrollado por Electronics Development Corporation ayuda a construir el STIM. El software incluido en el TEDS ayuda a crear un TEDS para el equipo. En la figura 7 se muestra un STIM para un acelerómetro construido por Electronics Development Corp (EDC).



Figura 7. Tamaño de un STIM para un acelerómetro.

El módulo contiene un microprocesador y un acondicionador de señal ASIC.

Paso 4: Se construye el NCAP e interface. Este habilita el acceso a una amplia variedad de funciones y servicios con el nodo I/O. Los NCAP soportan una variedad de estándares de comunicación que son soportados por muchas aplicaciones, incluyendo HTTP, TCP y UDP multicast.

Technical Data Sheet

BFOOT-10501 Embedded Ethernet Controller (1MB Flash memory)

BFOOT-11501 Embedded Ethernet Controller (2MB Flash memory)

Distributed Measurement & Control Operation

Last updated: 19 Febr. 1999

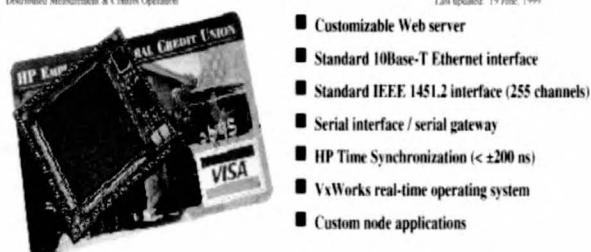


Figura 8. NCAP desarrollado por HP

Múltiples funciones incluyendo standard 10 Based-T Ethernet y IEEE 1451.2 interface, sincronismo y

microservidor web, son integrados en un ASIC. En la figura 8 el NCAP de HP.

El controlador BFOOT-66501 lleva soporte para Ethernet e incluye conector RJ-45 (figura 9).

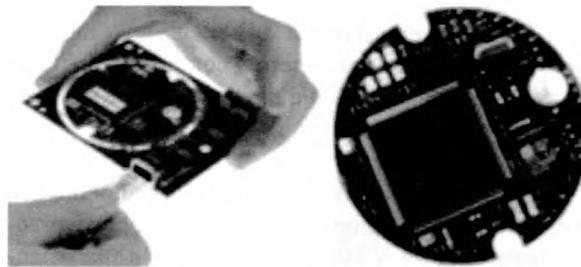


Figura 9. BFOOT-66501 de HP.

La aplicación completa desarrollada por Moore se indica en la figura 10

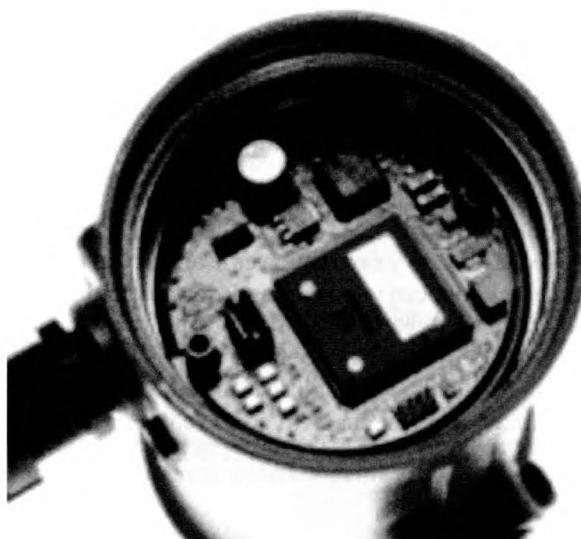


Figura 10. Transmisor de presión de Moore Process Automation demostrado en la Expo'98 de ISA.

IEEE P1451.1 link con ActiveX y DLL permitiendo el acceso inmediato con aplicaciones comunes como MS Excel, Access, MatLab, LabView, etc.

Paso 5: Use su buscador web favorito para ver el sistema implementado.

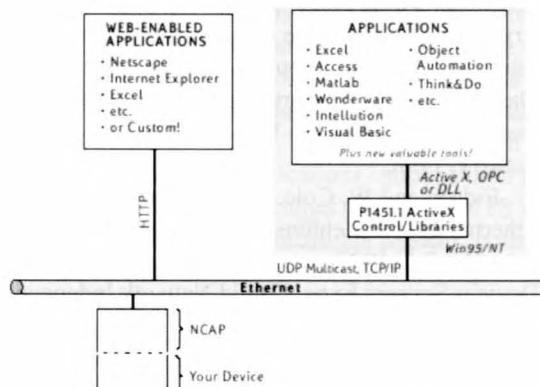


Figura 11. Sistema integrado a Ethernet.

Otras aplicaciones interesantes se muestran a continuación:

1. Comprobación del uso de IEEE 1451.2 contra otros protocolos como DeviceNet o LonWorks (figura 12)[6].

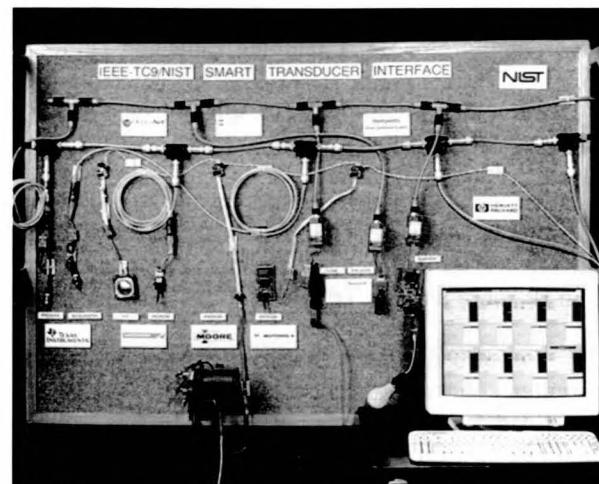


Figura 12. Comparación de IEEE1451 contra otros protocolos y redes.

2. El equipo de Moore muestra la aplicación más común propuesta. El instalador se acerca al instrumento y con un teclado descubre los nodos del equipos y su funcionamiento tal como muestra en la Figura 13. Un doble clic en el nodo (usando un PC conectado a Internet) abre el archivo del Teds de ese dispositivo (Moore Process Automation).

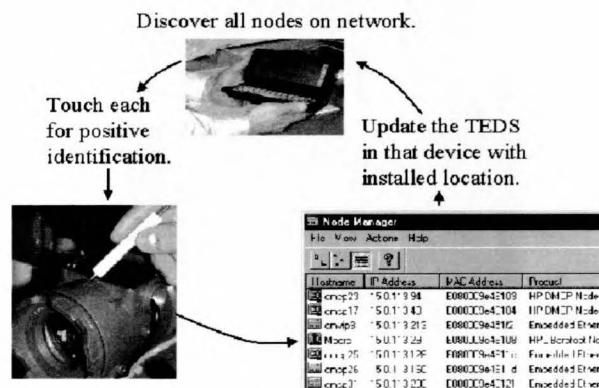


Figura 13. El acelerómetro de Moore.

¿PROSPERARA IEEE 1451?

IEEE 1451 es un protocolo nuevo y muchas empresas se han resistido a sustituir sus viejos sistemas. Incluso la fortaleza de FIELBUS está en toda la inversión que se ha realizado para fortalecer su plataforma. Por ello, la posibilidad de usar directamente el protocolo de Internet (TCP/IP) en el propio instrumento está ganando adeptos [7].



El TCP/IP protocol lleva a que cada parte tenga una sola dirección IP. La comunicación puede ocurrir a través de una comunicación privada entre dos direcciones IP. Como cada PC tiene una única dirección y un número de puerto, puede ser identificado en la red. El concepto es similar al de otros puertos, solo que TCP/IP crea un puerto virtual. Windows 95 y NT soportan el protocolo. Y también viene con Telnet.

Lo malo actualmente es que no hay muchos equipos con conectores de red.

Algunos ejemplos de equipos que soportan esta posibilidad son los PLC de Allen Bradley y Siemens que pueden ser enganchado directamente a una dirección IP sobre una red TCP/IP.

Por otro lado se han desarrollado protocolos que permiten conectar RS-232 o RS-485 con TCP/IP, sin necesidad de usar ninguna red que medie (sin equipos de conexión), sin embargo este puede costar alrededor de 500 \$. Un ejemplo es el Model MSS1 de Lantronix (www.lantronix.com).

A nivel de software hay bastante. Directamente de Windows usando el WinSock, Usando Visual Basic VB5 con el control ActiveX llamado MSWinSck. Si no sabes programar puedes usar el TCPWedge de TAL Technology que mueve datos de cualquier equipo en TCP/IP a Windows 95 (Excel, Acces, etc.).

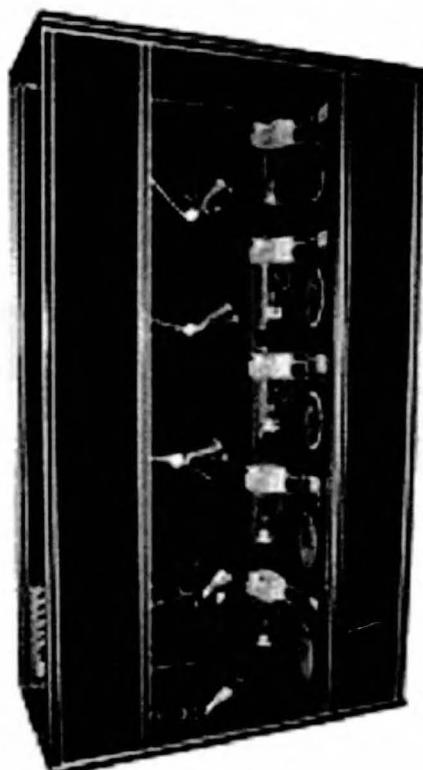


Figura 14. Banco de procesos que Opto22 ha desarrollado para demostrar la posibilidad de usar instrumentos directamente con Internet.

Un ejemplo real lo hayamos en el controlador Snap-B3000-Enet, desarrollado por Opto22 el cual ya lleva un servidor Web integrado. Una aplicación muy ilustrativa desarrollado por esta empresa la podemos ver en Internet, donde el usuario puede controlar el proceso directamente desde su casa (<http://www.internetio.com>) (figura 14). El acceso hasta el controlador se hace por Ethernet con protocolo TCP/IP. La misma empresa tenía planteado sacar una versión con una máquina virtual JAVA.

Por tanto, estamos hablando de un protocolo que ya está extendido, de implementación y soporte prácticamente gratuito. Y las aplicaciones están apareciendo.

CONCLUSIONES

La Instrumentación tiende a ser virtual, pero no desde el punto de vista de suprimir instrumentos, sino de introducir la "personalidad" del instrumento en Internet. El proceso siempre estará presente y los captadores y actuadores también. Lo que cambiará será la aproximación de la red al proceso de tal forma de que el proceso quede "embbebido" en Internet. Para ello lo más lógico y económico es usar las redes que ya existen, se conocen y son fáciles de instalar (Ethernet), con protocolos extendidos y prácticamente estándares (TCP/IP). Por tanto, solo falta que el instrumento (sensor o actuador) ubicado en el proceso tenga acceso inmediato a este sistema: Allí podría entrar en juego la norma IEEE 1451 relativo al nivel físico con el instrumento.

La instrumentación siempre ha estado allí, y seguirá estando pero en donde nosotros queramos.

REFERENCIAS

- [1] Kenna Amos, "Sensor market goes global", Intech, Vo. 46, No. 6, pp. 40-43, June 1999.
- [2] H. Spoelder, "Virtual Instrumentation and Virtual Environments", IEEE Instrumentation and measurement magazine, Vo. 2, No. 3, pp. 14-17, sept. 1999.
- [3] Eric Byres, "Ethernet to link automation hierarchy", Intech, Vo. 46, No. 6, pp 44-47, June 1999.
- [4] David Howarth, "Performing Data Acquisition over the Internet", Sensors, Vol. 15 No. 1, pp. 49-51, January, 1998,
- [5] C. Eidson and W. Cole, "Closed-loop control using Ethernet as the fieldbus", ISA Tech/97, Anaheim, CA., Oct 7-9, 1997.
- [6] Devices Sensors Expo, "Build Network Independent Smart", Boston, abril 97.
- [7] Thomas Lutz , "Using TCP/IP as an instrument interface", Sensors, Vo. 15, No. 7, pp. 43-46, July 1998.



CDMA: COMUNICACIONES DE ESPECTRO ENSANCHADO

Jorge-Luis Sánchez-Ponz

Institut für Informatik - Abteilung Rechnerarchitektur

Universität Stuttgart, Deutschland

IEEE Region 8 Student Representative

E-mail: j.s.ponz@ieee.org



RESUMEN

La tercera generación de comunicaciones móviles se encuentra en plena efervescencia. Son muchas las propuestas que han ido surgiendo a lo largo de los años para dar respuesta a las nuevas demandas del mercado y de los operadores.

CDMA es la baza tecnológica para las nuevas redes móviles, si bien no son del todo conocidas sus características principales, que la diferencian de las otras técnicas existentes en la actualidad, y que la dotan de razones suficientes para ser el estándar futuro.

Por ello, en el presente artículo se revisan los conceptos básicos de CDMA en comparación con las otras técnicas de acceso múltiple al medio, usadas en otros sistemas, haciendo especial hincapié en la novedad en lo que respecta a los mecanismos de control de potencia, prácticamente ausentes en FDMA y en TDMA.

Palabras clave - Comunicaciones móviles, tercera generación (3G), acceso múltiple, FDMA, TDMA, CDMA, control de potencia.

I. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, se han llevado a cabo numerosas y variadas investigaciones para la aplicación práctica de sistemas basados en CDMA (Code Division Multiple Access, o acceso múltiple por división de código) como esquemas básicos de acceso múltiple para IMT-2000 (International Mobile System 2000, sistema móvil internacional 2000), según denominación ITU (International Telecommunications Union, Unión Internacional de Telecomunicaciones), o para UMTS (Universal Mobile Telecommunications System, o sistema universal de telecomunicaciones móviles), según la denominación europea. Por tanto, CDMA es la técnica de acceso múltiple al medio elegida para los sistemas de comunicaciones personales e inalámbricas de tercera generación (3G).

Básicamente, lo que se persigue con esta nueva generación es un mejor aprovechamiento del espectro, unas mayores tasas de transferencia de datos y una mayor flexibilidad, que permita la incorporación de nuevos servicios de datos hasta ahora no disponibles en las comunicaciones móviles actuales.

Año	Hecho
1949	J. Pierce: primera referencia a un sistema de espectro ensanchado.
1949	Shannon – R. Pierce: ideas básicas de CDMA.
1950	De Rosa – Rogoff: espectro ensanchado de Secuencia Directa.
1956	Price – Green: patente del receptor RAKE antimultitrayecto.
1970s	Diversos desarrollos para el campo militar y para sistemas de navegación.
1978	Cooper – Nettleton: aplicación para telefonía móvil del espectro ensanchado.
1980s	Qualcomm desarrolla las técnicas de CMDA de Secuencia Directa (<i>DS-CDMA, Direct Sequence CDMA</i>).
1986	Verdu: detección multiusuario óptima.
1993	Estándar IS – 95: CDMA de banda estrecha.
1995	CDMA de banda ancha (<i>WCDMA, Wideband CDMA</i>) en Europa y Japón; <i>cdma2000</i> en los Estados Unidos.
1996	Explotación comercial de IS – 95.
2000s	Explotación comercial de los sistemas de CDMA de banda ancha.

Tabla 1 - Cronología básica de CDMA.

Aunque pueda parecer algo realmente nuevo, CDMA es una técnica de acceso al medio conocida desde hace más de medio siglo. Simplemente como breve introducción histórica a CDMA, se detallan en la Tabla 1 los acontecimientos más importantes, si bien son tratados con mayor profundidad en [1].

Al margen de los hechos históricos, pueden observarse distintos movimientos en el ámbito internacional, localizados en las zonas geopolíticas de mayor peso



(Europa, Estados Unidos y Japón / Corea), que se encuentran trabajando en las normas y regulaciones para las diferentes regiones.

En consonancia con esto, la preferencia tecnológica para los sistemas de tercera generación depende fundamentalmente de factores técnicos, políticos y económicos.

Entre los factores técnicos pueden destacarse el rendimiento y la provisión de los servicios de datos y tasas de transferencia demandadas. Como factores políticos se incluyen los diferentes acuerdos alcanzados por los diversos organismos de estandarización nacionales y supranacionales y los particulares puntos de vista de los diferentes países y áreas económicas en lo referente a política de comunicaciones. Las nuevas oportunidades de negocio que surgen con la implantación de nuevos sistemas, que en general ocasionan modificaciones en las situaciones existentes, son razones puramente económicas que condicionan decisiones y elecciones tecnológicas. Sin embargo, las fuertes inversiones realizadas en los actuales sistemas, aún por amortizar, ralentizan avances.

Aun con esta perspectiva, es imparable el progreso de los sistemas de tercera generación, máxime cuando se están completando en la mayoría de los países los procesos de concesión de licencias para estos sistemas, ya sea por subasta, venta o licitación.

Por ello, es conveniente observar y destacar los argumentos estrictamente técnicos que justifican la elección de esta técnica de acceso múltiple al medio, y otras evoluciones de la misma como CDMA de banda ancha (WCDMA, Wideband CDMA), como esquema básico para IMT-2000 / UMTS. No obstante, mayores profundizaciones se verán en colaboraciones futuras. Por consiguiente, en el presente artículo se van a presentar las principales técnicas de acceso múltiple al medio existentes en la actualidad, sus ventajas e inconvenientes, su utilización en sistemas comerciales y su comportamiento en lo que respecta a control de potencia. Para finalizar, se expondrán las conclusiones más importantes.

II. TÉCNICAS DE ACCESO MÚLTIPLE

Las más importantes técnicas de acceso múltiple al medio, que se van a tratar, son FDMA, TDMA y, por último, CDMA.

* FDMA

En FDMA (Frequency Division Multiple Access, acceso múltiple por división en frecuencia), a cada usuario se le asigna un canal individual de frecuencia (un rango determinado de frecuencias), tal y como se recoge en el esquema de la Figura 1.

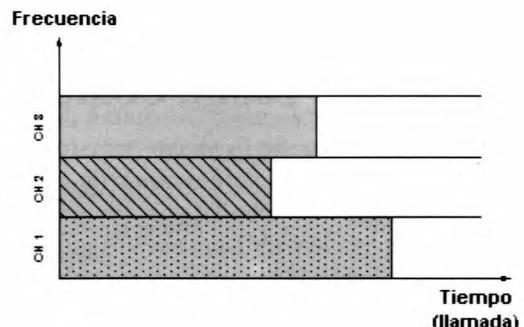


Figura 1 - Asignación de canales en FDMA.

El ancho de banda de cada canal es relativamente reducido: 30 KHz. Sin embargo, los canales libres, disponibles o no ocupados no pueden ser usados por otros usuarios para incrementar su capacidad si así lo requieren.

Cuando se realiza la asignación de un canal, la estación base y el móvil transmiten simultánea y continuamente. Por este motivo, el terminal móvil debe emplear duplexores (duplexers) de división en frecuencia.

Además de ser un sistema de baja capacidad y reducida complejidad si se compara con otras técnicas de acceso múltiple, tiene mayores costes en la construcción y configuración de las células, debido al diseño de un único canal por portadora y a la necesidad de usar costosos filtros paso banda para eliminar la radiación espúrea en la estación base.

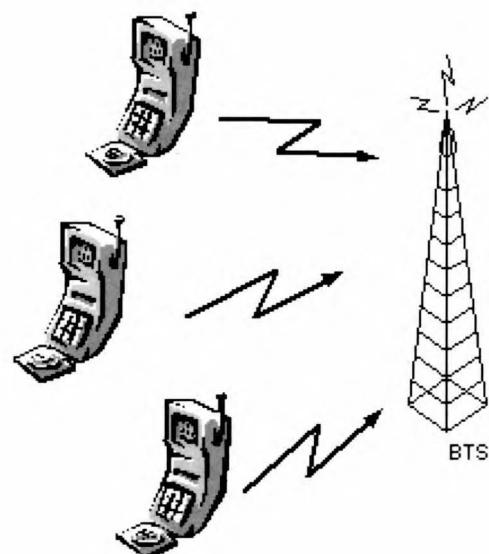


Figura 2 - Enlace ascendente (reverse o up link).

El AMPS (Advanced Mobile Phone System, sistema telefónico móvil avanzado), usado en los Estados Unidos, es un sistema de telefonía analógico que está basado en FDMA. Asigna un único canal, con ancho de

banda BC, a cada usuario y cada canal, a su vez, está compuesto por dos canales simples: enlace ascendente (Figura 2) y enlace descendente (Figura 3). Realmente, se verifica que:

$$B_C = B_{ASCENDENTE} + B_{DESCENDENTE}$$

En consecuencia, un canal puede ser reutilizado por otro usuario sólo cuando se finaliza una llamada o cuando se produce un traspaso de la comunicación de una célula a otra (handover), es decir, de una estación base a otra, liberándose el canal de esa estación.

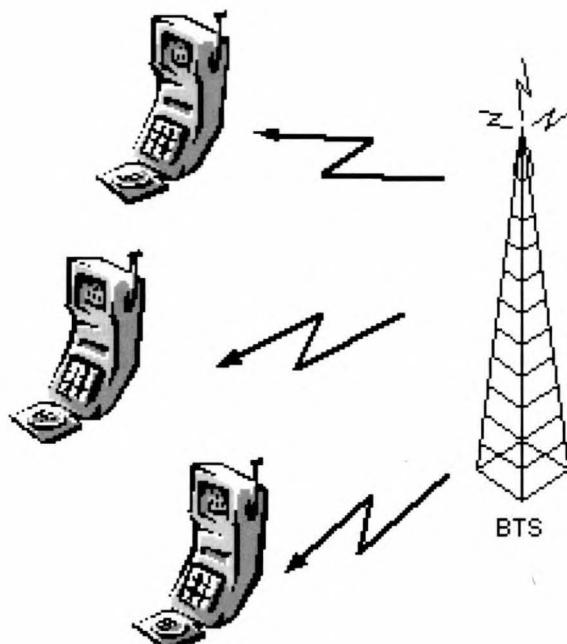


Figura 3 - Enlace descendente (forward o down link).

El número de canales soportados simultáneamente por FDMA es:

$$N = \frac{B_T - 2B_G}{B_C}$$

donde:

B_T = espectro total asignado,

B_G = banda de guarda en ambos extremos de B_T (ver Figura 4),

B_C = ancho de banda de un canal (un usuario).

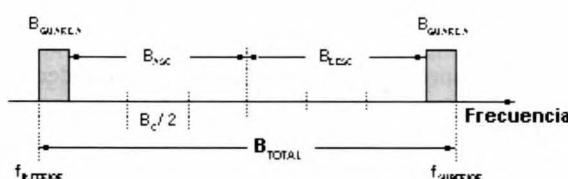


Figura 4 - Bandas de guarda y asignación de frecuencias para tramos ascendentes y descendentes.

* TDMA

En TDMA (Time Division Multiple Access, acceso múltiple por división en el tiempo), varios usuarios pueden compartir el mismo canal de frecuencia, pues éste se halla dividido en ranuras o intervalos de tiempo (time slots). La compartición del canal se realiza en intervalos no coincidentes, según se observa en la Figura 5. Se puede, por tanto, disponer de un número variable de intervalos de tiempo por trama y para cada usuario. Así, el ancho de banda, asignado a cada usuario, es variable, pudiéndose personalizar bajo demanda simplemente concatenando o reasignando los intervalos de tiempo de un mismo canal o de varios.

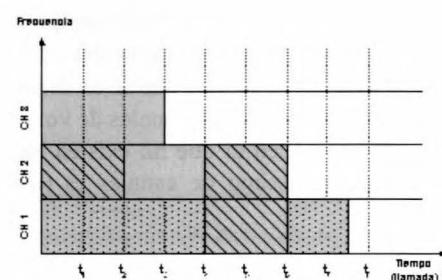


Figura 5 - Asignación de canales en TDMA.

Claramente, la transmisión no es continua y se realiza a ráfagas, en función de las características de la propia transmisión. Esta circunstancia hace que los consumos y las demandas de potencia sean considerablemente menores que en el caso de FDMA.

Asimismo, los traspasos de una célula a otra (handover) son bastante más sencillos que en el caso anterior, debido a la naturaleza discontinua de la transmisión. Esto se fundamenta en el hecho de que el terminal móvil puede escuchar a las estaciones base cercanas durante los instantes de tiempo de inactividad (durante la comunicación).

Siguiendo con esta línea de división del tiempo, la comunicación no se realiza de manera simultánea: se utilizan distintos instantes de tiempo para la transmisión y para la recepción, por lo que ya no son necesarios los duplexores.

Sin embargo, va a requerir de ecualización adaptativa, pues es más susceptible a fenómenos de interferencia entre símbolos. Igualmente, necesita cabezales de sincronización por realizarse la transmisión en ráfagas: los receptores deben estar sincronizados para cada ráfaga de datos.

El número de canales proporcionados por TDMA es:



$$N = \frac{B_T - 2B_G}{B_C} / m \quad (I)$$

donde:

- B_T = espectro total asignado,
- B_G = banda de guarda (extremos de B_T),
- B_C = ancho de banda de un canal.
- m = el número máximo de usuarios por cada canal radio.

Considérese el estándar GSM (Global System for Mobile, sistema global para móviles), es decir, segunda generación de comunicaciones móviles. Emplea una banda de 25 MHz. para el enlace descendente, que a su vez se encuentra dividida en canales radio con un ancho de banda de 200 KHz. Si se supone que en un mismo canal radio pueden soportarse hasta 8 canales de voz, y considerando el caso ideal, en el que no existen bandas de guarda, el número máximo de canales es (usando la Expresión I):

$$N = \frac{25\text{MHz.}}{200\text{KHz.}} / 8 = 1000$$

Si ahora se analiza la discontinuidad en la comunicación de este estándar, se debe partir del conocimiento de sus datos básicos. GSM posee una estructura de tramas, donde cada trama consta de 8 intervalos de tiempo, con un total de 1250 bits por trama, y con una tasa de transferencia de 270,833 Kbps en el canal. En consecuencia, la duración de una trama será:

$$T_{TRAMA} = \frac{1250\text{bits}}{270,833\text{Kbps}} = 4,615\text{ms}$$

Lo que implica que si a un usuario se le asigna un único intervalo de tiempo por trama, tiene que esperar 4,615 milisegundos entre dos transmisiones consecutivas. De ahí la discontinuidad de la comunicación en TDMA.

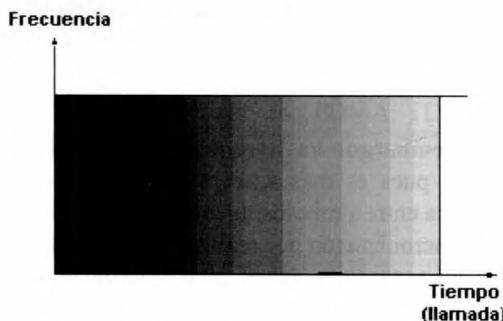


Figura 6 - Asignación de canales en CDMA.

* CDMA

En CDMA (Code Division Multiple Access, acceso múltiple por división del código), todos los usuarios comparten el mismo canal, según se recoge en la Figura 6. Por lo tanto, el mismo canal radio puede ser reutilizado por todas las células vecinas, sin necesidad de esperar el fin o el traspaso de la comunicación en curso.

A cada usuario se le asigna una secuencia de código (signature o firma) única que usa para la codificación de la señal que contiene su información. El receptor, conocida la secuencia del usuario, decodifica la señal obtenida en recepción y recupera los datos originales. Esto es posible ya que las correlaciones cruzadas entre el código de un usuario y los códigos del resto de usuarios son muy pequeñas.

El ancho de banda de transmisión es mucho mayor que el ancho de banda de la señal que contiene la información deseada, por lo que el proceso de codificación lo que hace fundamentalmente es ensanchar el espectro (de potencia) de la señal original. Este proceso es también conocido como modulación de espectro ensanchado, donde la señal resultante es denominada señal de espectro ensanchado.

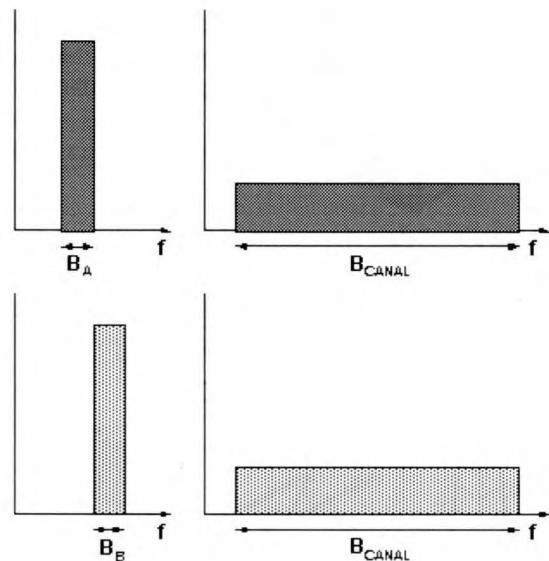


Figura 7 - Generación de las señales de espectro ensanchado de dos usuarios.

Es esta propiedad la que confiere a CDMA su capacidad de acceso múltiple. Si se observa la Figura 7, el usuario A y el usuario B generan sus respectivas señales de espectro ensanchado. Tanto A como B deciden transmitir de manera simultánea sus señales de espectro ensanchado. Sin embargo, en el receptor A' sólo la señal del usuario A es la decodificada y los datos son recuperados (Figura 8).

En general, cualquier técnica de espectro ensanchado debe verificar dos condiciones elementales:

- * El ancho de banda de transmisión tiene que ser mucho mayor que el ancho de banda de información.

- * El ancho de banda de transmisión es estadísticamente independiente de la señal que contiene la información, circunstancia que excluye otras técnicas de modulación como la modulación en frecuencia (FM) o la modulación en fase (PM).

De manera análoga, las señales de espectro ensanchado presentan una serie de características que las hacen singulares, y que a continuación se describen de forma breve.

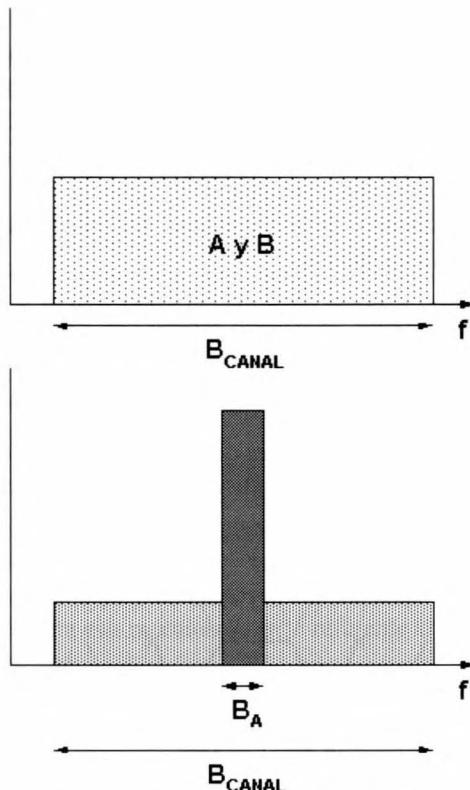


Figura 8 - Obtención en recepción de la señal del usuario A.

1. Acceso Múltiple

Característica ya comentada anteriormente junto a las Figuras 7 y 8. Esencialmente, los receptores en CDMA están basados en el principio del receptor tipo RAKE (que emplea demodulación coherente), que considera las señales de los otros usuarios como meras interferencias. Además, se parte del hecho de conocer las propiedades de las correlaciones cruzadas entre señales, lo que confiere a las interferencias (otras señales) naturaleza determinista, es decir, no aleatoria.

Se dispone de un medio para reducir los efectos de las interferencias por acceso múltiple al medio y, por ende, se consigue aumentar, de forma considerable, la capacidad (número de usuarios) del sistema.

2. Protección contra interferencias por multi-trayecto

El uso de los receptores con estructuras tipo RAKE permite elevar la protección contra reflexiones y refracciones de la señal transmitida que llegan en recepción. Estas señales recibidas, y procedentes de diversos trayectos, son todas ellas copias de la señal transmitida pero con diferentes amplitudes, fases, retardos y ángulos de incidencia (Figura 9). La combinación de estas señales puede ser constructiva en algunas frecuencias y destructiva en otras, lo que propicia en el dominio del tiempo una señal dispersa y distinta de la señal original.

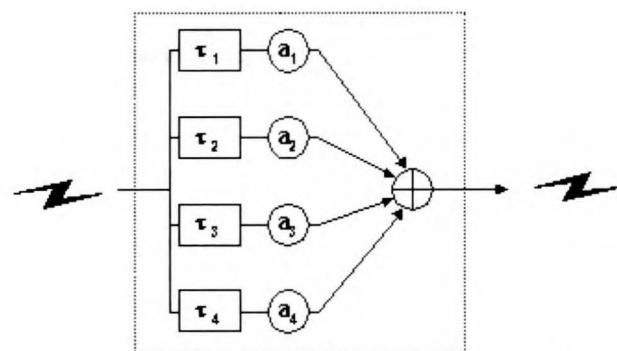


Figura 9 - Modelo básico de canal multitrayecto, incluyendo retardos (τ_i) y atenuaciones (a_i).

Empero, las señales de espectro ensanchado son capaces de solventar favorablemente las señales procedentes de distintos trayectos, al ser combinadas adecuadamente en un receptor RAKE, en parte por la estructura del propio receptor y en parte por la peculiaridad de que la autocorrelación de las señales de espectro ensanchado fuera de los límites de definición (-TC, TC) es siempre cero.

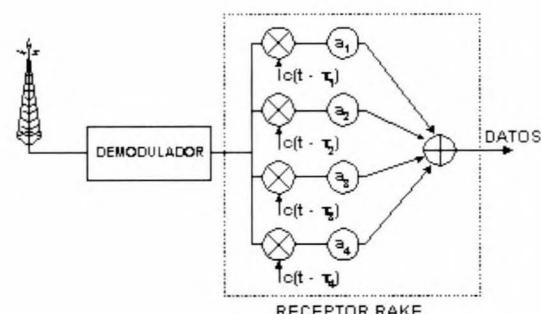


Figura 10 - Estructura básica de un receptor tipo RAKE.

Igualmente, la forma de onda de las señales transmitidas en CDMA permite el empleo de lo que se conoce con el nombre de diversidad multirayos. Si se recurre al dominio de la frecuencia para su explicación, ésta se obtiene considerando nuevamente que el ancho de banda de la señal transmitida es mucho mayor que el ancho de banda coherente en canal (el que realmente contiene la señal con la información deseada) y, dado que el canal es selectivo en frecuencia, únicamente parte de la señal se ve afectada por los fenómenos de desvanecimiento.

Una estructura clásica del receptor tipo RAKE puede verse en la Figura 10, pero más información puede obtenerse en [2].

3. Privacidad

De la señal transmitida sólo pueden recuperarse los datos si se conoce la secuencia de código en recepción. Por este motivo, el primer marco de aplicación de los sistemas basados en CDMA fue la industria militar.

4. Baja probabilidad de interferencia intencionada (jamming) y/o rechazo de interferencias genéricas.

Con la correlación cruzada de la señal de banda estrecha (con la información) y de la secuencia de código, la potencia de la señal de banda estrecha también se ensanchará. Así se consigue que cualquier potencia de señal interferente quede reducida, pues en recepción la señal interferente es ensanchada y la señal deseada decodificada (reconvertida a señal de banda estrecha).

5. Baja probabilidad de interceptación

Al ensanchar la potencia de la señal, la densidad de potencia disminuye, lo que la hace difícil de detectar e interceptar.

6. Necesidad de un mecanismo de control de potencia

Es evidente este requerimiento a la vista de las características de las señales de espectro ensanchado, por lo que dada su importancia, dentro de los esquemas de CDMA, se tratará a continuación más extensamente.

III. CONTROL DE POTENCIA EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

* FDMA y TDMA

En ambas técnicas de acceso múltiple al medio no es necesario realizar ningún control de potencia. En el enlace descendente, la potencia de transmisión de la propia estación base queda únicamente limitada por el hecho de alcanzar los límites de la célula y minimizar las

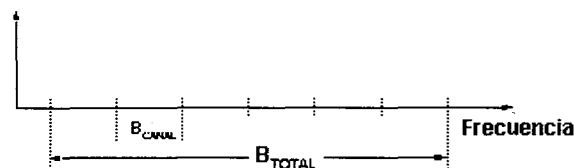


Figura 11 - Asignación del espectro de frecuencias para FDMA y TDMA.

interferencias fuera de la célula (células adyacentes). En el enlace ascendente, la potencia de transmisión máxima del terminal móvil será aquella que permita que la señal llegue a la estación base desde los límites de la célula.

En consecuencia, tanto en FDMA como en TDMA, no es imprescindible un control en tiempo real de la potencia en ninguno de los enlaces. Además, si se tiene en cuenta la asignación de frecuencias de la Figura 11, se observa que no se van a detectar problemas relacionados con el fenómeno cerca-lejos, near-far¹, señalado por primera vez por Magnuski en 1961[1], o con otros fenómenos de interferencias menores. Ergo, los usuarios no se interfieren unos con otros dentro de la misma célula, ya que, en el dominio de la frecuencia, sus informaciones son ortogonales entre sí.

No obstante, se pueden señalar dos excepciones donde el uso de técnicas de control de potencia es preciso:

* si los amplificadores de recepción operan en la región de saturación, buscando obtener la máxima

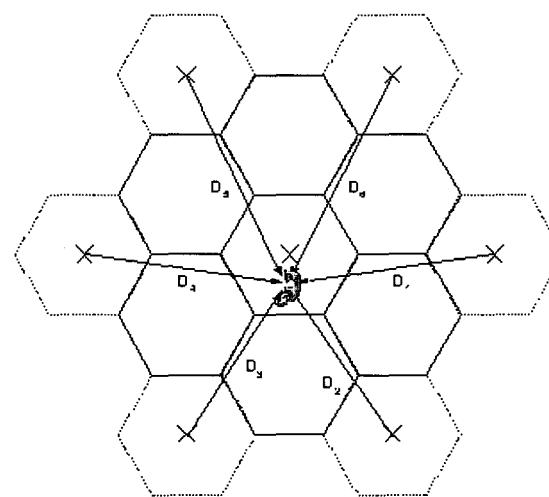


Figura 12 - Enlace descendente en FDMA/TDMA.

¹ Debido a mecanismos de propagación y a que se comparte el mismo ancho de banda, la señal recibida por la estación base de un usuario próximo a la estación base será más potente que la señal recibida de otro usuario en los límites de la célula, con lo que los usuarios lejanos quedarán dominados por los usuarios cercanos.

eficiencia posible (se abandona la zona lineal de funcionamiento),

* si no existe suficiente separación entre canales adyacentes.

Si se analiza la interferencia procedente de otras células, y centrándose en el enlace descendente (Figura 12) con la geometría clásica hexagonal, puede ser indispensable el empleo en la estación base de ciertas técnicas que permitan reducir la potencia transmitida, máxime si se tiene en cuenta que FDMA se encuentra limitado en su diseño por las interferencias: para tener un nivel aceptable de calidad de señal de voz, la relación señal a interferencia debe tener un valor mínimo de 18 dB.). De este modo, mecanismos de reducción de potencia transmitida desde la estación base, para evitar interferencias en otras células vecinas, presentan como contrapartida el que se reduce el tamaño y la capacidad de las células, incrementando el coste final del sistema al tener que instalar más estaciones base.

* CDMA

Como punto de partida, se puede considerar el caso más básico en el que CDMA no dispone de control de potencia. Ya en estas condiciones, su capacidad es superior a FDMA, pues la relación señal a interferencia mínima es -15 dB., frente a los 18 dB. de FDMA, por lo que es evidente que en CDMA no es necesaria tanta potencia para transmisión (al menos en lo que respecta al canal descendente).

Si se estudia más en detalle el caso del canal descendente, donde el mecanismo de control de potencia es más sencillo (no se requiere la eliminación del problema cerca-lejos²), se observan rápidamente las mejoras que aporta este mecanismo en lo referente al aumento de capacidad.

Optando por usar control de potencia en la estación base, se consigue reducir la interferencia sobre otras células vecinas o próximas y al mismo tiempo se consigue compensar la interferencia procedente de estas mismas células. Incluso en el caso peor, en el que el terminal móvil se localiza en el punto de intersección de su célula con las otras dos células colindantes (Figura 13), se consigue duplicar la capacidad, con lo que (número de usuarios por célula):

$$N_{DESC. \text{ CON CONTROL POT.}} > N_{DESC. \text{ SIN CONTROL POT.}}$$

(manteniendo invariantes el resto de condiciones).

Para el caso del enlace ascendente, la situación se complica ligeramente, pues es aquí donde se hace más necesario el control de potencia debido a la interferencia por acceso múltiple al medio y, más concretamente, por el problema cerca-lejos, ya comentado. En este enlace, fundamentalmente se consideran las interferencias pro-

cedentes de la propia célula, ya que los terminales móviles en células contiguas transmitirán con un nivel de potencia mucho menor que el de la estación base a los terminales móviles. De hecho, la interferencia en enlace ascendente será menor que la interferencia en enlace descendente, estando la capacidad del sistema basado en CDMA supeditada al enlace descendente, porque en general se confirma que (con relación al número de usuarios por célula):

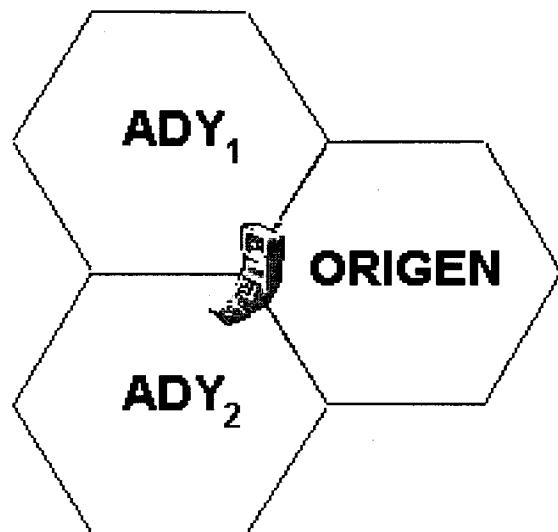


Figura 13 - Terminal móvil en el punto de intersección de su célula con las otras dos células adyacentes.

$$\text{NENLACE ASCENDENTE} > \text{NENLACE DESCENDENTE}$$

Lo que prueba que para aumentar la capacidad debe aumentarse NENLACE DESCENDENTE, mediante un diseño más pródigo.

El control de potencia en el enlace ascendente, persigue que, independientemente de la distancia a la que se encuentren los terminales móviles, las señales lleguen a la estación base, en todo momento, con la misma potencia media.

Además, al margen del tipo de enlace de que se trate, el control de potencia mejora ostensiblemente el rendimiento con respecto al desvanecimiento de las señales en el canal, compensando notablemente las zonas valle. En el caso ideal, permite aproximar el canal con desvanecimiento por un canal con ruido blanco gaussiano, lo que elimina totalmente las zonas valle de desvanecimiento de señal.

² La propagación de las señales se realiza a través del mismo canal y la recepción en el terminal móvil se produce con la misma potencia (en principio, sólo hay una estación base por célula).

³ por medio de un circuito de control automático de ganancia, que proporciona medidas aproximadas y burdas de las pérdidas de propagación.

Como información adicional en lo que respecta al control de potencia en CDMA, destacar que existen dos tipos de bucles para llevar a cabo este control:

* **Bucle abierto:** mide de manera unilateral las condiciones de interferencia del canal y las pérdidas de propagación³, ajustando las potencias de transmisión según los valores obtenidos y compensando las fuertes variaciones como consecuencia de las atenuaciones. Aunque, si se tienen en cuenta fenómenos de desvanecimiento rápido, donde se observa que el enlace ascendente y el descendente no están correlados, este esquema de control de potencia sólo conseguirá los resultados perseguidos en valor medio, pues no es capaz de compensar el desvanecimiento del enlace ascendente.

* **Bucle cerrado:** como solución al problema anterior y para conseguir los valores óptimos de potencia de manera continua, este bucle de control lo que hace es obtener constantemente la relación señal a interferencia y enviar comandos específicos al transmisor, para que éste ajuste la potencia de transmisión al nivel adecuado.

Finalmente, si se compara el rendimiento (en términos de número de usuarios por célula) de las tres técnicas de acceso múltiple al medio en igualdad de condiciones (geometría de la célula y ancho de banda de transmisión), y considerando los mecanismos de potencia descritos, se obtiene:

$$\frac{\text{Capacidad(TDMA)}}{\text{Capacidad(FDMA)}} \cong 3$$

Básicamente debido a que en FDMA no son aplicables los conceptos de sectorización de antenas y de factor de actividad vocal, mientras que en TDMA se puede sacar provecho del factor de actividad vocal para aumentar el número de usuarios.

$$\frac{\text{Capacidad(CDMA)}}{\text{Capacidad(FDMA)}} \cong 18$$

En CDMA se pueden emplear los conceptos de sectorización de antenas y de factor de actividad vocal.

$$\frac{\text{Capacidad(CDMA)}}{\text{Capacidad(TDMA)}} \cong 6$$

IV. CONCLUSIONES

Se han presentado los fundamentos de CDMA, en comparación con las otras técnicas principales de acceso múltiple al medio, con especial énfasis en los mecanismos de control de potencia y su importancia.

Quedan patentes las ventajas que presenta el empleo de CDMA en la tercera generación. En primer lugar, es posible configurar redes inalámbricas con mayor número de usuarios por célula, circunstancia que mejora la amortización de las inversiones de los operadores en nuevas redes. Además, permite que los operadores ofrezcan una mayor tasa de transferencia de datos, lo que posibilita que se puedan prestar servicios avanzados de datos, con lo que las comunicaciones estrictamente de voz pasan a un segundo plano, centrando los ingresos de las nuevas redes en la facturación, principalmente, de los servicios de datos.

También se pone de manifiesto con los nuevos mecanismos de control de potencia, que los terminales móviles disminuyen su consumo (la parte asociada a la negociación con los distintos elementos de la red y que es transparente para el usuario), lo que facilita el que se puedan incorporar nuevos elementos a los terminales móviles para los servicios avanzados de datos, p. ej. cámaras de vídeo (comunicaciones de imagen y voz).

Basta saber sólo si los usuarios finales son capaces de responder tan rápidamente a la vertiginosa evolución de las comunicaciones móviles y mantenerse al día tanto en el capítulo de suscripción a redes como en el de adquisición de equipos. Todavía no hay redes comerciales basadas en CDMA o tercera generación, pero Ericsson está ya trabajando en la cuarta generación de sistemas de comunicaciones personales móviles.

AGRADECIMIENTOS

Al Profesor Dr. Mario Magaña de la Oregon State University (Estados Unidos), por haber tenido la paciencia de descubrir el mundo de las comunicaciones móviles de tercera generación a un ingeniero de vocación electrónica.

REFERENCIAS

[1] Scholtz, «The Evolution of Spread-Spectrum Multiple-Access Communications», en Code Division Multiple Access Communications, (S. G. Glisic y P. A. Leppanen, Eds.), Kluwer Academic Publishers, 1995.

[2] Viterbi, A. J., «CDMA Principles of Spread-Spectrum Communications», Addison-Wesley Publishing Company, 1995.



Jorge-Luis Sánchez-Ponz nació en Madrid, España, en febrero del año 1977. Obtuvo su título de Ingeniero de Telecomunicación en la ETSI de Telecomunicación de Madrid - Universidad Politécnica, de Madrid en el año 2000. El año pasado comenzó un Master of Science de dos años en Tecnologías de la Información, en la especialidad de Embedded Systems Engineering, en la Universidad de Stuttgart, Alemania. En la actualidad se encuentra trabajando en ARM (Cambridge, Reino Unido) en la realización de diversos proyectos para la finalización del Master.

APLICACIÓN DE REDES ACTIVAS A LAS WLANS



Alvaro Suárez Sarmiento y Javier Jesús Sánchez Medina

Grupo de Arquitectura y Concurrencia

Departamento de Ingeniería Telemática - ULPGC

Campus Universitario de Tafira, Aula Magna

35017- Las Palmas de G. C.

alvaro@dit.ulpgc.es, jsanchez@ayacata.teleco.ulpgc.es

RESUMEN

En la actualidad las arquitecturas de redes son estáticas en el sentido de que el software de control de los componentes hardware de la red está empotrado y generalmente cerrado (propiedad del fabricante de los componentes hardware). Esto hace que instalar nuevos servicios lleve una cantidad de tiempo elevadísimo. Recientemente se han implantado algunos proyectos de redes activas que evitan estos problemas. En este artículo presentamos algunas ideas básicas sobre las redes activas, sus aplicaciones y algunos proyectos. Finalmente presentamos el trabajo inicial que hemos realizado sobre este tipo de redes y algunas conclusiones y trabajo futuro.

Palabras Clave: Arquitectura de red, Internet, Redes programables, Redes Activas, programación distribuida.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la telecomunicación ha experimentado un desarrollo que ha conducido a que la práctica totalidad de las personas se puedan comunicar, desde cualquier lugar geográfico, con otras personas o dispositivos electromecánicos. Para que esto sea posible ha sido necesario elaborar estándares de comunicación determinados y aceptados por la «Comunidad Internacional». Para establecer estos estándares, las Arquitecturas de Redes (especificación de un conjunto de capas y protocolos de comunicación) [1] deben ser homologadas por todas las partes implicadas.

Sin embargo este proceso de estandarización mundial es extremadamente lento debido a que se requiere poner de acuerdo a multitud de entidades académicas, industriales, sociales y políticas. La estandarización de una nueva arquitectura de red puede durar muchos años. Esto hace que nunca lleguen a tiempo las mejoras que proporcionarían. Otro problema importante es el de la compatibilidad de la nueva arquitectura con las anteriores: Es necesario mantener una compatibilidad con las infraestructuras existentes para que sea posible implantar progresivamente la nueva arquitectura. El verdadero problema de las estrategias de diseño de las arquitecturas de redes actuales es que no se suele separar la concepción del hardware y el software de control de red. Debido a esto cuando los usuarios piden nuevos servicios a las compañías de comunicación, éstas no pueden proporcionarlos rápidamente debido a que se deben ajustar: 1. Al funcionamiento de los equipos de red (comunicadores, enrutadores, etc.) y 2. A los algoritmos que implementan los protocolos de comunicación, que han sido diseñados especialmente para una arquitectura de red determinada. En la figura 1

se muestra un ejemplo gráfico de esta idea. Se muestra una arquitectura red muy simplificada que consta básicamente de dos niveles muy directamente relacionados entre ellos haciendo muy poco flexible la introducción de nuevos protocolos y servicios.

Recientemente han surgido con fuerza las redes de comunicación programables [32] que pueden solventar estos y otros problemas. El objetivo básico de este tipo de redes es facilitar la implantación rápida, explotación y evolución de nuevos protocolos de red y en definitiva de nuevos servicios demandados por los usuarios. En la

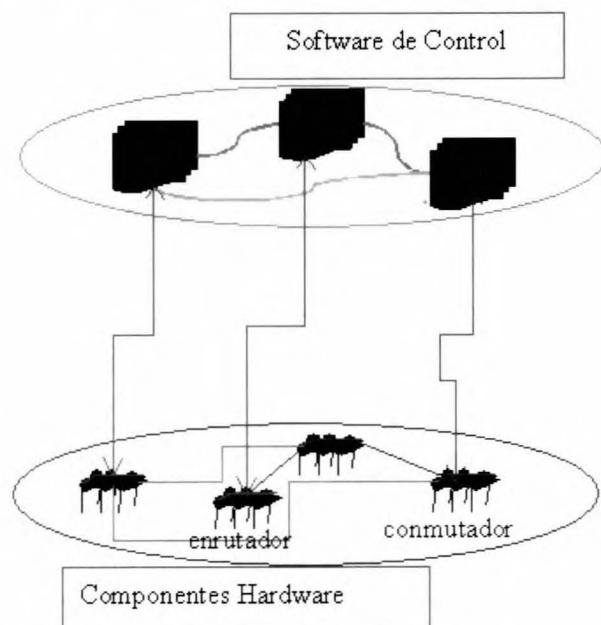


Figura 1. Esquema de una arquitectura de red simplificada rígida.



práctica existen dos Escuelas de pensamiento para la implantación de la Redes Programables:

* Señalización abierta (Opensig). La idea de los seguidores de esta propuesta consiste en considerar a los componentes hardware (comunicadores, enrutadores, etc.) como un conjunto de objetos distribuidos y crear un conjunto de interfaces de red programable mediante las cuales los operadores de red podrían programar libremente a la red. Un proyecto que merece atención es el IEEE 1520. En la figura 2.a se muestra un ejemplo gráfico de esto.

* Redes Activas (AN). La idea [1] [2] [25] de las redes activas es desacoplar el hardware (y las capas software inferiores) y la programación de los servicios ofrecidos. En contraposición a: las redes de software empotrado de la actualidad y las que siguen el modelo de programación cuasi-estático anterior, éstas dotan a la red de facilidades para permitir la inyección de programas en tiempo real sobre los componentes hardware de la misma. Para ello se basan en el concepto de «paquete activo», que es un datagrama que además de datos porta código o referencias a código. De esta manera se puede generalizar y acelerar la instalación de un nuevo servicio sólo con programarlo en estos paquetes y migrarlo de un componente hardware a otro de la red. En la figura 2.b se muestra un esquema de esta nueva idea.

Las redes activas son muy interesantes por varios motivos: imponen un nuevo modelo de arquitectura de red, utiliza un modelo de programación distribuido novedoso y permite experimentar con nuevos protocolos en muy poco tiempo, a la vez que se pueden implantar utilizando el protocolo estándar IP. Además de las redes activas, hoy en día existen un gran número de proyectos de diseño de nuevas arquitecturas de red entre las que destacan [33] y [34].

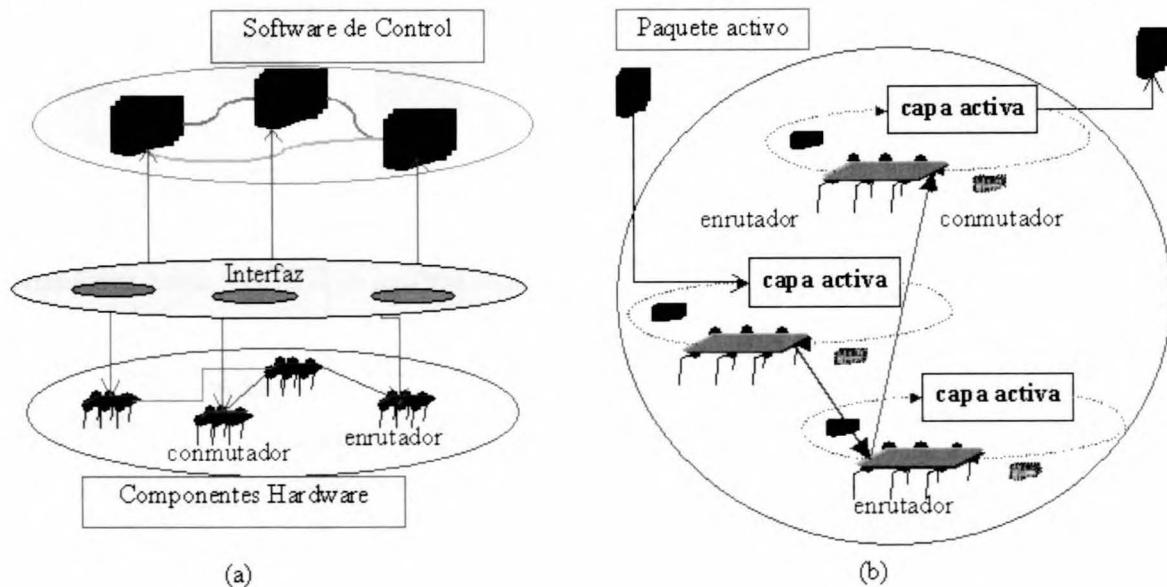


Figura 2. Esquemas de redes programable: a) Señalización abierta, b) redes activas

La estructura del artículo es la siguiente: en el apartado 2 se presentan las ideas generales acerca de las redes activas. En el apartado 3 comentamos el trabajo que estamos realizando en esta tecnología y finalmente en el apartado 4 se presentan algunas conclusiones sobre nuestro trabajo y algunas ideas de futuro.

2. LAS REDES ACTIVAS

Las redes actuales están programadas de una manera muy rígida. Normalmente consisten en un conjunto de componentes hardware programados con un software embebido en los mismos, lo cual limita críticamente la computación distribuida en la red. Además los paquetes que transportan no pueden ser modificados para garantizar la integridad de la información. Esto hace inviable la implantación de nuevos protocolos. Para solucionar estos problemas se inventaron las redes activas [1] [2]. En estas redes se puede: 1. Inyectar programas para su ejecución «inmediata o en tiempo real» sobre los componentes hardware y 2. Los datos portados en los paquetes pueden ser modificados en tiempo real. Tanto los datos como los programas que los procesarán, o referencias a ellos se encapsulan en paquetes activos. Los componentes hardware/software que ejecutan el código para transformar los datos portados en los paquetes activos se denominan nodos activos. Existen dos tipos de red activa. Si los paquetes activos están arquitectónicamente separados del código que los procesa [1] las redes activas se denominan discretas o fuera de banda (el administrador de cada nodo activo carga estáticamente el código que procesa los paquetes activos). Ejemplo de este tipo de redes son: [13] y [15]. En cambio si la distribución de los paquetes y del código utilizan la misma arquitectura, éstas se denominan integradas o en banda (el código se carga dinámicamente según se necesite). Ejemplo de este tipo de redes son: ANTS (Active Node Transfer System) [3], [4] y [7], el M0

[26], los SmartPackets [23]. Existen aproximaciones mixtas como el proyecto Switchware [10] y [11].

Explicamos los nodos activos basándonos en la figura 3. Un entorno de ejecución (EE, Execution Environment) es el conjunto de recursos software y hardware que se asignan a un determinado flujo de paquetes en un nodo activo. Tanto los recursos que se asignan como el nivel de libertad para operar con ellos son, en general, determinados de antemano, antes de la creación del entorno de ejecución por motivos de seguridad. En un nodo activo se llevan a cabo cuatro actividades: 1. Distribución de paquetes: Los paquetes entrantes según su tipo, que se indicará por medio de campos en los mismos, son distribuidos al entorno de ejecución que corresponda. 2. Procesamiento de mensajes: Cada entorno de ejecución lleva a cabo la computación que proceda sobre los paquetes que le son asignados y haciendo uso de los códigos que corresponda. Estos códigos en general se encontrarán en el almacén de componentes o en los mismos paquetes. 3. Almacenamiento de componentes: Se reservarán recursos para el almacén de bibliotecas de código que podrán ser

cargadas o descargadas de manera estática o dinámica. En general, para cada entorno de ejecución se especificará a qué componentes de este almacén puede acceder. 4. Planificación/transmisión: Los flujos de paquetes de salida de cada entorno de ejecución son planificados y transmitidos.

2.1. APLICACIONES

Seguidamente indicamos una lista de posibles aplicaciones de las redes activas clasificadas según sean integradas o discretas.

2.1.1 Integradas

Posibles aplicaciones para la aproximación integrada son: Aplicaciones de Ping, Herramientas de diagnóstico y gestión de red, Multicasting activo, Control de calidad del servicio y Señalización.

En general la opción integrada se utiliza para aplicaciones que no requieren un elevado ancho de banda pero

MIT	ANTS [3], [4] y [7].	Plataforma escrita en Java. Facilidad para la implementación de protocolos nuevos. Bajo rendimiento.
MIT	PAN [9]	Similar a ANTS pero utiliza código máquina. Mejor rendimiento que el de ANTS. Problemas de seguridad
BBN	SmartPackets [23]	Diagnóstico de red extendido. Gran mejora frente a SNMP
Georgia Tech	CANE [20]	Procesamiento de datos específico de la aplicación (ejemplo: control de la congestión en streams de vídeo MPEG)
Georgia Tech	Caches auto-organizativas [19]	Modelos analíticos y simulaciones para estudiar las mejoras obtenidas mediante el cacheo de código en la red
U. Pennsylvania	Switchware/SANE [10] y [11]	Combinación: discreta e integrada. Código portado y referencias a código cargado estáticamente en los nodos, sobre una plataforma de red segura (SANE) que garantiza la integridad del entorno
U. Pennsylvania	P4 [13]	FPGAs para implementar el proceso de los paquetes en hardware (ejemplo: corrección de errores en los paquetes)
U. Arizona	Joust/Scout [27], [28] y [29]	Versión del ANTS sobre el Scout (sistema operativo modular orientado a comunicaciones) y el Joust (JVM para Scout). Rendimiento: entre 2 y 3 veces superiores al ANTS original
U. Columbia	Netscript [24]	Middleware para programar los nodos intermedios. Simplifica el desarrollo de sistemas interconectados y la programación remota
ETH Zurich y U. Washington	ANN [15]	Arquitectura hardware y software de un nodo activo para alto volumen de tráfico y de ancho de banda. Muy buen rendimiento
U. P. M.	RMANP [14]	Protocolo de multicast activo con tres niveles de fiabilidad distintos sobre ANTS. Encuentran problemas de rendimiento

Tabla 1. Algunos proyectos de investigación de redes



sí una gran flexibilidad. En [25] se muestra un protocolo de multicast robusto de audio y otro de multicast de vídeo en capas. Ambos protocolos se implementan en dos plataformas distintas: el ANTS (los paquetes activos portan referencias a código que se carga dinámicamente) y el M0 (cada paquete activo porta todo el código necesario para su procesamiento). En [14] se hace un estudio del rendimiento de un protocolo de multicast con tres tipos de fiabilidad implementado en el ANTS y se llega a la conclusión de que ANTS es muy sencillo de utilizar para implementar nuevos protocolos pero tiene un rendimiento pobre. En [16] se explica la plataforma PANTA [17] (escrita en Python) para analizar un esquema de reserva del ancho de banda de cada enlace en una red activa.

2.1.2. Discretas

Algunas aplicaciones implementadas son las siguientes: Caches de Web con auto-aprendizaje, Algoritmos de control de congestión, Acciones On-line, Mezcla de datos de sensores y Comunicadores de alta velocidad.

Como puede verse, este tipo de aplicaciones tiene unos requerimientos de ancho de banda muy elevados. Por otra parte, el procesamiento de los paquetes activos no necesita ser muy pesado. Por lo tanto estamos ante una relación de compromiso entre programabilidad de la red y ancho de banda. En este caso se pierde programabilidad en favor de una mayor velocidad de enrutamiento. Es necesario que se implemente en hardware la mayor parte posible de la funcionalidad de los nodos, utilizando por ejemplo FPGAs. Es decir, que se hace apropiado realizar la red activa a muy bajo nivel. En [15] se presenta un comunicador de alta velocidad activo (la arquitectura hardware/software y los rendimientos obtenidos). En [13] se utiliza una FPGA para dotar a un comunicador de reprogramabilidad.

2.2. ALGUNOS PROYECTOS DE REDES ACTIVAS

En la tabla 1 presentamos algunos proyectos de investigación de redes activas. Primero presentamos el centro de investigación en el cual se llevan a cabo, segundo el nombre del proyecto y tercero un comentario breve.

3. NUESTRO TRABAJO EN REDES ACTIVAS

A continuación presentamos el trabajo realizado en nuestro grupo de investigación en redes activas. Estamos diseñando protocolos activos que creemos tendrían buenos rendimientos en redes inalámbricas y redes híbridas alámbricas-inalámbricas de área local. Para ello estudiamos qué problemas presentan este tipo de redes y su solución aplicando redes activas. Hemos elegido la plataforma ANTS para implantar nuestros protocolos con el objeto de realizar una batería de pruebas con ellos.

Según [30] las redes inalámbricas de área local adolecen básicamente de tres problemas: 1. El ancho de banda disponible es más pequeño que en una red alámbrica. 2. El ancho de banda disponible es variable en el tiempo. 3. El enlace inalámbrico es susceptible de perderse en un momento dado.

Actualmente trabajamos en protocolos para el cálculo distribuido del producto de dos matrices, de ping y de multicast orientado a tiempo real. En el siguiente apartado presentamos su funcionamiento y resultados obtenidos con el ANTS.

En el ANTS los protocolos se programan extendiendo tres clases: Protocol, Capsule y Application. La topología de la red se configura mediante el archivo «.config» asignándole a cada nodo un nombre, la aplicación que correrá sobre él (si existe), la dirección IP/UDP del canal a utilizar y un manager.

3.1 Cálculo distribuido de matriz por matriz

La topología utilizada para el cálculo distribuido se muestra en la figura 4. Una estación maestro distribuye el trabajo y recolecta los resultados, y un conjunto de estaciones esclavas se encargan de realizar el cálculo que se les ha solicitado.

En el maestro se centralizan el control y la planificación del cálculo distribuido (asigna tareas a los esclavos, recoge resultados de éstos y gestiona la utilización de la arquitectura) para realizar el producto $C = A \times B$. Realiza un único broadcast distribuyendo la matriz B a todos los esclavos. Luego distribuye ordenadamente filas de A a esclavos. Los esclavos devuelven el resultado (filas de C) al maestro.

Para realizar esto utilizamos dos tipos de cápsulas que extendemos de la clase abstracta Datacapsule del ANTS, BCapsule (para el broadcast inicial de B) y UniCapsule (para el unicast de A y C). Ambos tipos de cápsulas solamente portan los datos del cálculo. El enrutamiento es el estándar IP en el caso de la UniCapsule y en el caso de BCapsule se envían clones de esta cápsula a todos los vecinos. Además se crean dos tipos de aplicación (MApplication y SApplication) extendiendo la clase Application del ANTS, que implementan las operaciones del nivel de aplicación del nodo maestro y el esclavo respectivamente.

Una vez implantado este protocolo en el ANTS realizamos una batería de pruebas cambiando la configuración de la topología y comprobando que el resultado del cálculo distribuido coincidía siempre con el mismo cálculo secuencial. Hemos realizado las pruebas con todos los nodos activos locales ejecutándose en una sola máquina. Llegamos a las dos siguientes conclusiones: 1. El número de comunicaciones que realiza es el mínimo posible. Esto es muy importante en una red inalámbrica debido a la

latencia de los enlaces. 2. Se trata de un protocolo ligero eficiente implementable sobre UDP. Para implantarlo a bajo nivel habría que tener en cuenta mecanismos de detección de pérdida y retransmisión de paquetes. Esto se haría en un estudio posterior.

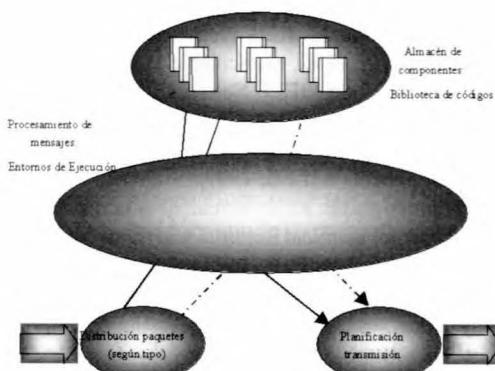


Figura 3. Visión conceptual de un nodo activo.

3.2 Ping Broadcast

En la aplicación distribuida anterior cada estación podría querer averiguar qué otras están disponibles en la red en un momento determinado. Cada estación podría saberlo haciendo «ping» sobre las otras. Debido a la naturaleza de los enlaces inalámbricos la estación que desea realizar este ping no tiene confianza en ninguna de las otras estaciones. En redes híbridas alámbricas-inalámbricas es necesario que el ping se propague por todos los segmentos de la red.

El protocolo que hemos diseñado se resume en los siguientes pasos: 1. Una estación inicia la petición de ping haciendo un broadcast de la misma en el medio de comunicación. 2. Las estaciones presentes en el medio compartido escuchan la petición de ping. 3. En el caso de no haber recibido una petición de ping con el mismo origen en un tiempo muy cercano (que se trataría de un «eco» de otro ping), retransmite la petición de ping haciendo un broadcast nuevamente a todos los vecinos. Además envía una cápsula unicast de ACK al nodo origen del ping que quedará enterado de que este nodo está disponible.

Para implantarlo en ANTS hemos extendido la clase DataCapsule en dos tipos de cápsula, uno para la inundación inicial de la red (FloodCapsule) y otro para la respuesta de los nodos (ACKCapsule). El enrutamiento en estos dos tipos de cápsula es equivalente a los del ejemplo anterior. Las cápsulas de inundación se difunden y las de respuesta se enrutan de manera estándar IP. Extendemos la clase abstracta Application del ANTS en la clase PingApplication que realiza todas las operaciones de nivel de aplicación de este protocolo.

Las conclusiones que obtuvimos del prototipado y prueba de este protocolo son: 1. Las pruebas realizadas demuestran que una implementación distribuida de este protocolo podría ser de gran utilidad en redes en las cuales es necesario comprobar el estado de los enlaces periódicamente, por ejemplo las redes inalámbricas. 2. Una implementación de este protocolo a nivel de red, mejoraría en gran medida su rendimiento.

3.3 Multicast en tiempo real

Este protocolo tiene tres características que lo hacen eficiente: 1. Las peticiones de suscripción no se cursan hasta el nodo suministrador del servicio. Al contrario se gestionan solamente entre los nodos suscriptores y el nodo intermedio anterior. 2. Se realiza un cacheo de los paquetes recientes en los nodos intermedios para retransmitirlos en el caso de que haya pérdidas. 3. En el caso de que no se disponga de los paquetes solicitados, se ahorra ancho de banda concentrando las peticiones de retransmisión de todos los nodos que cuelgan de uno dado en un solo paquete que se cursa al nodo intermedio anterior. 4. También se ahorra ancho de banda mediante un descarte de los paquetes obsoletos (que no cumplen las restricciones de tiempo real) en todos los nodos de la red.

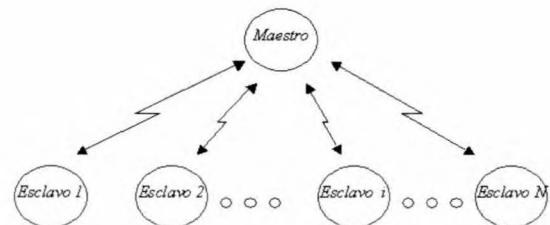


Figura 4: Arquitectura del sistema

Para implantarlo en ANTS hemos extendido la clase DataCapsule en cuatro tipos de cápsula: 1. MDataCapsule para los datos multicast. 2. NACKCapsule para las peticiones de retransmisión. 3. SCapsule para las peticiones de suscripción. 4. RdataCapsule para la retransmisión de cápsulas. El enrutamiento en el tipo MDataCapsule es el único que no es unicast, sino que sigue una lista de distribución. También hemos extendido la clase abstracta Application en tres tipos de aplicación: 1. SenderApplication para el nodo suministrador del servicio. 2. NodeApplication para los nodos intermedios en la red. 3. ReceiverApplication para los nodos terminales de la red, que pueden suscribirse al servicio multicast.

4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo hemos presentado algunas ideas principales sobre un nuevo tipo de arquitectura de redes denominada redes activas. La idea básica de este tipo de redes es considerar la transformación de los paquetes de datos injectados en la red dentro de los nodos activos. De



esta manera, el código puede migrar desde un nodo a otro y los datos pueden ser alterados a lo largo del camino de comunicación entre un emisor y el receptor final.

Estas redes tienen muchas aplicaciones y la ventaja principal es que se pueden instalar nuevos protocolos en un periodo de tiempo muy reducido adaptando la red de esta manera a las demandas de nuevos servicios por parte de los usuarios. Quizás en el futuro los nuevos proveedores de servicios de Internet tengan la posibilidad de ofrecer nuevos servicios de rápida y eficientemente a sus usuarios y quizás sea este hecho el que les pueda colocar en una posición fuerte frente a la competitividad tan fuerte que existe hoy día en este mercado.

En nuestro grupo de trabajo hemos desarrollado un conjunto de protocolos activos como primera aproximación a este tipo de redes y hemos utilizado la herramienta ANTS para prototiparlos y probarlos rápidamente.

En los próximos meses experimentaremos diseñando nuevos protocolos para aplicaciones interesantes que aprovechen las características positivas y atenúen los problemas de los entornos inalámbricos. Además, utilizando el ANTS realizaremos pruebas más exigentes y reales con los mismos. A medio plazo pretendemos utilizar los protocolos que en este periodo demuestren su eficiencia para implementarlos en un nivel inferior en la torre de protocolos, buscando mejorar su rendimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. L. Tennenhouse and D. Wetherall. Towards an active network architecture. In Multimedia Computing and Networking 96, San Jose, CA, Jan 1996.
- [2] D. Tennenhouse et al. A Survey of Active Network Research. IEEE Communications Magazine, 1997.
- [3] D. Wetherall. Developing Network Protocols with the ANTS Toolkit. En la página web de David Wetherall en la universidad de Washington. <http://www.cs.washington.edu>.
- [4] D. Wetherall et al. ANTS: A Toolkit for Building and Dynamically Deploying Network Protocols. En 1st Conf. On Open Architectures and Network Programming (OPENARCH'98), páginas 117-129, San Francisco, CA, Abril 1998. IEEE.
- [5] U. Legedza, D. Wetherall and J. Guttag, «Improving the Performance of Distributed Applications Using Active Networks,» Proc. INFOCOM'98, 1998.
- [6] D. Wetherall, U. Legedza, and J. Guttag, «Introducing New Internet Services: Why and How,» IEEE Network, May/ June 1998.
- [7] D. Wetherall, J. Guttag and D. L. Tennenhouse, «ANTS: Network Services Without the Red Tape,» IEEE Computer, April 1999.
- [8] D. Wetherall, «Active network vision and reality: lessons from a capsule-based system,» in SOSP'99, Dec. 1999.
- [9] E. L. Nygren, S. J. Garland, and F. Kaashoek, «PAN: A High-Performance Active Network Node Supporting Multiple Mobile Code Systems,» IEEE, 1999.
- [10] D. S. Alexander et al., «The SwitchWare Active Network Architecture,» IEEE Network, May/June 1998.
- [11] D. S. Alexander et al., «A Secure Active Network Environment Architecture: Realization in SwitchWare,» IEEE Network, May/June 1998.
- [12] M. Hicks, et al., «PLANet: An Active Internetwork,» IEEE, 1999.
- [13] I. Hadzic and J. Smith, «On-the-fly Programmable Hardware for Networks,» Proc. GLOBECOM 1998.
- [14] M. Calderón, et al., «Active Network Support for Multicast Applications,» IEEE Network, May/June 1998.
- [15] D. S. Decasper, et al., «A Scalable High-Performance Active Network Node,» IEEE Network, January/February 1999.
- [16] D. Williams, et al., «An Active Network Bandwidth Reservation Scheme,» IEEE, 1999.
- [17] A. Fernando and B. Kummerfeld. «Pants: Active Node Transfer System Technical Report,» University of Sydney, Australia, 1998.
- [18] S. Bhattacharjee et al. «An Architecture for Active Networking». Proc. INFOCOM'97, April 1997.
- [19] S. Bhattacharjee, K. Calvert and E. Zegura, «Self-Organizing Wide-Area Network Caches», Proc. INFOCOM'98, April 1998.
- [20] E. Zegura, «CANEs: Composable Active Network Elements», Georgia Tech; <http://www.cc.gatech.edu/projects/canes/>
- [21] S. Bhattacharjee, K. Calvert and E. Zegura, «Active Networking and the End-to-End Argument», Georgia Tech;
- [22] S. Bhattacharjee, K. Calvert and E. Zegura, «Directions in Active Networks», IEEE Communications Magazine, October 1998.
- [23] B. Schwartz et al., «Smart Packets for Active Networks,» Jan. 1998. Disponible en <http://www.net-tech.bbn.com/smtpkts/smart.ps.gz>
- [24] Y. Yemini and S. DaSilva, «Towards programmable networks», IFIP/IEEE Int'l. Wksp. Dist. Syst.: Operation and Mgmt., October 1996.
- [25] A. Branchs et al., «Multicasting Multimedia Streams with Active Networks,» IEEE, 1998.
- [26] C. Tschudin. The messenger environment M0 - a condensed description. En J. Vitek and C. Tschudin, editors, Mobile Object Systems - Towards the Programmable Internet, LNCS 1222, pages 149-156. Springer, Apr. 1997.
- [27] D. Masberger and D. Peterson. «Making paths explicit in the Scout operating system», 2nd Symp. Op. Syst. Design and Implementation, Oct 1996.
- [28] A. B. Montz et al., «Scout: A Communications-Oriented Operating System,» IEEE, 1995.
- [29] J. Hartman et al., «Joust: A Platform for Liquid Software», IEEE Network, July 1998.
- [30] Amit B. Kulkarni and Gary J. Minden, «Active Networking Services for Wired/Wireless Networks,» IEEE 1999
- [31] Tanenbaum Andrew, «Redes de Computadoras», 3^a edición, Prentice Hall, ISBN 968-880-958-6, 1997.
- [32] Campbell A.T., De Meer H.G., Kounavis M.E., Miki K., Vicente J., and Villela D., «A Survey of Programmable Networks», Computer Communications Review, April 1999.
- [33] Campbell, A.T., Kounavis M.E., Villela D.A., Vicente J. (Intel), Miki K.(Hitachi), De Meer H.G., and Kalaichelvan K.S. (Nortel), «Spawning Networks», IEEE Network Magazine July/August 1999.
- [34] <http://www.ist-fain.org/index.html>



INTRODUCCIÓN AL RECONOCIMIENTO DE CARAS

Oscar Déniz Suárez

*Licenciado en informática por la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
Actualmente estudiante de doctorado y becario de investigación en el Centro de
Tecnología de los Sistemas y la Inteligencia Artificial (CeTSIA)
odeniz@dis.ulpgc.es*

Dentro de la visión por computador, el reconocimiento de caras se ha convertido en uno de los problemas que más esfuerzo investigador ha generado en los últimos años [2]. El objetivo no es reconocer la cara en sí, sino la identidad de la persona. Del mismo modo que la cara es un atributo intrínseco a cada persona, también pueden utilizarse otras características como la voz o el iris. La cara es, sin embargo, el atributo que más usamos los humanos a la hora de reconocer a nuestros semejantes. Además, a diferencia de con el iris, adquirir imágenes de una cara es relativamente fácil y no supone esfuerzo por parte del individuo.

Aunque para nosotros reconocer caras no supone apenas esfuerzo, el problema es muy difícil de resolver desde un punto de vista computacional. Cada mínimo cambio de luz ambiental, de expresión de la cara, de posición, inclinación, pelo, etc. supone una imagen totalmente distinta. De hecho, nunca obtendremos dos imágenes iguales de una misma cara. La mayor dificultad del reconocimiento de caras está precisamente en lograr reconocer la identidad independientemente de la luz, posición, etc. Naturalmente siempre se pueden restringir las condiciones de funcionamiento y obligar a que el individuo a reconocer esté en una habitación con una iluminación determinada o se coloque en una posición determinada con respecto a la cámara. Sin embargo, con ello perderíamos la capacidad antes explicada de adquirir imágenes sin molestias para el individuo.

La visión computacional se nutre en lo posible de las investigaciones en psicofísica y neurofisiología. Ciertos datos han sido realmente útiles. Por ejemplo, se ha determinado a través de experimentos que la zona de los ojos es la que más

información aporta de cara al reconocimiento de la cara. También hay estudios que indican que los humanos reconocemos las caras distintivas mejor y más rápido que las caras típicas. Por otro lado, como parece lógico, se ha demostrado que los humanos reconocen personas de su propia raza mejor que las de otras razas.

Las aplicaciones del reconocimiento de caras son ciertamente atractivas y numerosas. Las más importantes son:

- Verificación de la identidad: p.ej. en cajeros automáticos, acceso a edificios, etc.
- Vigilancia y seguimiento de personas.
- Mejora de la interacción hombre-máquina: p. ej. ordenador que reconoce quién lo está usando.
- Identificación de delincuentes en archivos policiales

ETAPAS

El problema de reconocer caras puede descomponerse en una serie de etapas básicas:

1. Detección de la cara en una imagen
2. Extracción de la zona de la imagen que contiene la cara: p. ej. con un rectángulo o una elipse
3. Normalización
4. Reconocimiento



Figura 1. Tercera etapa del reconocimiento de caras. Normalización



La detección puede ir complementada con un sistema de seguimiento (*tracking*), haciendo uso de una cámara motorizada. La normalización consiste en modificar la imagen de la cara para que tenga un tamaño común, intensidades en un rango determinado, etc. Es decir, se pretende “igualar” someramente las imágenes de caras que adquirimos a las imágenes de entrenamiento (las que usamos previamente para que el sistema aprenda las identidades de las personas que queremos reconocer). Comúnmente, en la etapa de normalización se realiza un escalado de la imagen, rotación, ecualización del histograma de la imagen y recorte con un rectángulo o elipse. El recorte elimina zonas como el cuello o el pelo, que no son útiles (en realidad el pelo puede ser útil, pero como cambia mucho no se considera). En la siguiente figura tenemos un ejemplo del resultado de la normalización.

La normalización debe conseguir facilitar el proceso posterior de reconocimiento en sí. El reconocimiento consiste básicamente en, mediante algún algoritmo, comparar la imagen con las imágenes que tenemos guardadas correspondientes a los individuos que conocemos.

TÉCNICAS DE RECONOCIMIENTO

En cuanto a las técnicas de reconocimiento, podemos distinguir dos tipos. La primera solución que se tomó históricamente consistía básicamente en extraer de la imagen de la cara una serie de medidas identificativas, como la distancia entre los ojos, tamaño de la boca, distancia nariz-boca, etc. De esta forma, para cada individuo a reconocer teníamos un rango posible de estos parámetros. Ante una imagen a reconocer, se medirían estos parámetros y se compararían con los previamente almacenados. Esta aproximación al problema consiguió dar resultados relativamente buenos, pero resultaba muy compleja y poco robusta. Muchas veces era necesario hacer las mediciones manualmente (un operador media las distancias sobre una imagen en pantalla), lo cual era muy tedioso. Cuando se trataba de automatizar este proceso siempre surgían problemas de precisión, pues las mediciones degeneraban enormemente dependiendo de la luz, expresión, etc.

Otra aproximación al problema, más reciente, consiste en utilizar como parámetros imágenes que representan partes importantes de la cara, desde el punto de vista del reconocimiento. La técnica más representativa de esta aproximación es la de las *autocaras* (o *eigenfaces* [3]). Con la técnica de autocaras, se utilizan como representación imágenes como las que aparecen en la siguiente figura:

En este tipo de imágenes, las zonas más claras y más oscuras representan zonas que tienen mayor importancia de cara al reconocimiento. Las imágenes que sirven de representación se obtienen automáticamente en base a un conjunto de imágenes de caras de entrenamiento. Esta aproximación ha demostrado que es no solo menos tediosa y compleja, sino que en ciertas condiciones permite obtener mejores resultados que con la aproximación anterior. Por ello, es la vertiente más estudiada en la actualidad.

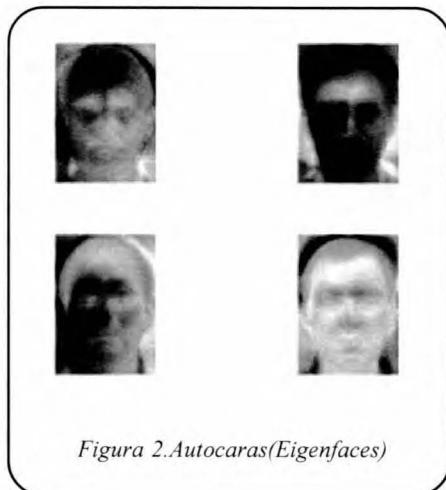


Figura 2. Autocaras (Eigenfaces)

BASES DE DATOS PARA EXPERIMENTOS

Para evaluar algoritmos y sistemas de reconocimiento de caras se han ido creando bases de datos de imágenes faciales apropiadas para la experimentación y comparación. La más importante es quizás la base FERET (Face Recognition Technology), respaldada por el Programa de Transferencia de Tecnología Antidroga del Departamento de Defensa de los EEUU. En Internet [1] pueden conseguirse muchas otras de forma gratuita (para propósitos de investigación).

PRODUCTOS COMERCIALES

Las empresas que construyen y comercializan productos relacionados con el reconocimiento de caras están en pleno auge. Los productos más conocidos actualmente son *FaceIT* de *Visionics Corporation*, que tiene varias versiones para aplicaciones sencillas y complejas y funciona bajo Windows 9x, NT y Unix/Linux. *FaceIT* ha sido licenciado a varias entidades para una amplia variedad de aplicaciones. También es de destacar el software *TrueFace* de *Miros Inc.* que usa múltiples redes neuronales para el reconocimiento. *TrueFace* funciona en Windows 9x y NT. Para evitar falsos reconocimientos, ambos sistemas pueden obligar a que el usuario mueva la cabeza o cambie su expresión (podrían utilizarse fotografías para engañar al sistema).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] The Face Recognition Home Page: <http://www.cs.rug.nl/~peterkr/FACE/face.html>
- [2] R. Chellappa, S. Sirohey, C.L. Wilson, C.S. Barnes, “Human and Machine Recognition of Faces: A Survey”. Technical report CAR-TR-731, University of Maryland, USA, 1994.
- [3] M. A. Turk, A.P Pentland, “Eigenfaces for Recognition”, Cognitive Neuroscience, vol. 3, number 1, pp. 71-86, 1991. <ftp://whitechapel.media.mit.edu/pub/images/>



2º CONGRESO ESTATAL DE RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE

M^a Victoria Bausá Aragónés

Estudiante de la ETSIT-UPV y Miembro de la Rama de Estudiantes del IEEE de Valencia
mavi@ieee.org



I. LOS COMIENZOS

El primer paso siempre es difícil, pero ya lo dió Barcelona con la organización del 1er Congreso en abril de 1999. Nosotros solo teníamos que continuar la labor, parecía fácil y había mucha ilusión, así que nos pusimos a ello.

En honor a la verdad el primer movimiento fue un tanto especial, de hecho ha quedado registrado en los anales de la Rama como un ejemplo de mala comunicación, y se utilizó como anécdota en posteriores charlas con los miembros del resto de Ramas. Los representantes de

Director de la Escuela, no solo a nivel financiero, sino también moral. Todos desde aquí veíamos la importancia de continuar con la experiencia, por lo positivo para los que llevamos día a día las Ramas a la hora de compartir nuestras inquietudes, y por el plano lúdico, porqué no decirlo, teníamos ganas de compartir espacio real con nuestros compañeros de fatigas.

Llega el momento de pedir perdón por la errata aparecida en uno de los mails en los que os convocábamos. Un infeliz 'am' provocó la temprana llegada de algunos compañeros que prácticamente hicieron noche en un tren para llegar puntuales a la cita. Eso es responsabi-



Foto 1. Asistentes al 2º Congreso de Ramas del IEEE en Valencia

Valencia que adquirieron el compromiso de continuar con el 2º Congreso 'olvidaron' mencionarlo en nuestras reuniones. Fue el Buran nº14 el que nos dio la grata sorpresa de que la Sección esperaba visitar Valencia en algún momento de la primavera.

Tras varias peripecias con las que todos estareis familiarizados, quién de nosotros no ha montado un evento alguna vez, todo se puso en marcha. Fue gratificante el apoyo recibido tanto de nuestro Councilor como del

lidad, desde aquí un abrazo de nuevo. Nuestra única excusa fue la rapidez en la organización, algunos correos fueron información, convocatoria e invitación, todo al mismo tiempo.

II. EL CONGRESO

Comenzó la tarde del 3 de mayo de 2000. En el Salón de Grados de nuestra Escuela de Telecomunicaciones de Valencia todas las Ramas hicieron una pequeña



presentación acerca de sus actividades y proyectos. No sólo sirvió para conocernos todos y romper el hielo, en el acto nos dimos cuenta de que algo grande nos unía, nuestro espíritu emprendedor, motivación y energía para llevar al resto de nuestros compañeros estudiantes las enormes posibilidades que ofrece el IEEE.

Al final del día una cena informal nos demostró de nuevo la importancia del Congreso. Alrededor de quince jóvenes reunidos alrededor de una mesa no cesaban de compartir experiencias, preguntar sobre cómo tuvo lugar una actividad o pedir consejo acerca de un problema puntual, que a buen seguro alguno de los presentes ya conocía.

El segundo día fue el más importante. Se había planeado en primer lugar una Mesa Redonda: Estructuras del IEEE. Pretendía sentar la base para conversaciones posteriores, de forma que todos los presentes tuvieran el mayor conocimiento posible acerca del aparato burocrático y personal que nos ofrece el IEEE. El paso siguiente era lógicamente la estructura de cada Rama, comentando las singularidades, las circunstancias locales, las buenas ideas y sobre todo: las necesidades. Conseguimos ponernos de acuerdo en una serie de puntos sobre los que nos hubiera gustado que el IEEE ofreciera más información, o mejor aún, un cargo a nuestra disposición. La sorpresa llegó días después del Congreso, cuando poco a poco fuimos comprobando que la mayoría de nuestras inquietudes quedaban solucionadas en la persona del Councillor de Madrid, Sr. Javier Macías, y su estupenda página web.

A continuación tuvo lugar una pequeña charla a cargo del área de Telemedicina, interesantes proyectos y no menos interesantes demostraciones en el Aula de Teleconsulta nos hicieron soñar con un futuro que ya está aquí, la integración de la informática y las telecomunicaciones en la vida cotidiana.

Ya por la tarde, a la vuelta de un breve paseo por la ciudad de Valencia tuvo lugar una segunda charla: 'Restauración de películas antiguas', a cargo de nuestra profesora Valery Naranjo. Y la segunda Mesa Redonda: Actividades; situación actual y proyectos. Las Ramas expusieron sus logros, su forma de organizar actividades, sus problemas y sus proyectos. Se nos quedó corto el tiempo, todos teníamos mucho que contar... y mucho que preguntar.

El día terminó con una cena algo más elegante, bañada en Riveiro y en buena compañía, aunque echamos de menos a los compañeros de Madrid, cuya apretada agenda y muchas responsabilidades les habían obligado a coger ya el avión de vuelta. Cerró la noche el inicio de nuestra Fiesta del Patrón, marchando de madrugada cada uno a su destino, que para algunos era esa misma fiesta en su propia Escuela al día siguiente.

III. CONCLUSIONES

Cada Rama tiene unas características y una historia previa de las cuales se ha de sacar el máximo partido. Soluciones distintas para problemas comunes. Pero es evidente que muchos de nosotros tenemos respuestas para nuestros compañeros, y podemos aportarlas de forma rápida mediante el correo electrónico. Tampoco queda tan lejos el día en que haremos Congresos Virtuales mediante videoconferencias, viéndonos a través de la pantalla y aportando soluciones inmediatas a problemas cotidianos. Pero el presente está aquí, aprovecho pues para pediros a todos un pequeño esfuerzo en el día a día, desde Valencia intentamos que nuestra página web quede al nivel del resto, de forma que todas se conviertan en pequeños paneles de información acerca de las actividades proyectadas. Si añadimos un poco de 'responsividad' en los mails, y una pizca de 'broadcasting' acerca de temas de interés para todos, obtenemos un estupendo trabajo en grupo a nivel de Sección.

Es este el momento de transmitiros a todos el enorme placer que nos produjo a todos los españoles presentes en el Congreso de la Región 8, el pasado mayo en Eindhoven (todo un éxito, felicitaciones desde aquí) el poder contar a todo el planeta que la Sección Española ya iba por el 2º Congreso, cuando la misma idea acababa de aparecer como proyecto para el 2001-2002 en una Rama de la Sección Egipcia. ¿No os llena de orgullo? Somos punteros en las relaciones entre Ramas, y el buen ambiente es evidente cuando nos encontramos tanto dentro como fuera de nuestras fronteras. Démonos pues una segunda oportunidad, consideremos atenuantes los períodos de exámenes o vacacionales en los altibajos de la comunicación, y continuemos con esta estupenda red de amigos nacional que de nuevo tendrá su punto álgido en el 3er Congreso Estatal de Ramas de Estudiantes del IEEE, en Málaga la primavera de 2001.

IV. AGRADECIMIENTOS

No puedo terminar sin recordar a algunas personas especiales. En primer lugar, nuestro Councillor aquí en Valencia, el Sr. Mariano Baquero, que nos animó a seguir adelante a pesar de la falta de tiempo. En segundo lugar, a la profesora Valery Naranjo y al área de Telemedicina, que amenizaron el Congreso con sendas interesantes charlas. También a todos aquellos que pelearon en primera línea de batalla para conseguir financiación, organización e ilusión. Por último, a todos los asistentes, gracias por animaros a venir, gracias por vuestras ganas de trabajar y por mantener el proyecto vivo para el año que viene. Esperamos veros a todos en Málaga con muchas más cosas que contar.



GRADO SEIS DE SEPARACIÓN

Javier Ozón Górriz

Departamento de Matemática Aplicada IV

Universitat Politècnica de Catalunya

ozzy@mat.upc.es

Abstract: El 4 de junio de 1998 aparecía en la revista *Nature* un breve artículo, firmado por Duncan J. Watts y Steve Strogatz, en donde se describían por vez primera las llamadas *redes pequeño-mundo, small-world networks* en el original, de amplias repercusiones tanto en el campo de las ingenierías telemática e informática como en otras áreas de las ciencias sociales y de la naturaleza. El estudio de estas redes ha permitido, entre otros logros, esclarecer la dinámica de propagación de virus (lo mismo biológicos que virtuales) así como el encogimiento que parece sufrir el planeta en materia de vínculos, o la posibilidad de reducir el diámetro de las grandes redes telemáticas sin apenas intervenciones.

BREVE BIOGRAFÍA DEL PAÑUELO

Existe el dicho, de todos conocido, de que el mundo es un pañuelo. Si el epígrafe les resulta exagerado pueden adquirir la novela de David Lodge *El mundo es un pañuelo* y asistir al fascinante espectáculo de la contractura del planeta. Si, aun así, el libro no les parece suficiente les aconsejo entonces que, venciendo su timidez, entablen conversación con un extraño e indaguen el círculo de sus amistades. No es infrecuente comprobar en estos lances que compartimos, cuando menos, uno de sus amigos, no digamos ya si se trata de tener en común un conocido o el conocido de un conocido: dos personas, por ejemplo, empleadas en el mismo despacho. Los esquemas, como vemos, se multiplican, siendo otro caso sonado de encogimiento planetario la propagación de virus informáticos a través de la red, capaz de abarcar la superficie entera del planeta en cuestión de minutos.

Es probable que algunos de ustedes hayan tenido oportunidad de ver *Six degrees of separation*, un film de Fred Schepisi basado en la pieza teatral homónima de John Guare. El film narra la peripécia de un joven (Will Smith) que irrumpió en casa de un matrimonio pudiente (Donald Sutherland y Stockard Channing) con una herida de arma blanca en el vientre, pidiendo auxilio y declarándose hijo del actor Sidney Poitier, además de íntimo amigo de los hijos del matrimonio. A la mañana siguiente el matrimonio descubrió que el joven es un impostor que, no obstante, ha tenido acceso a detalles de su intimidad. Después de cursar la

correspondiente denuncia la pareja pone rumbo a Harvard con objeto de recabar el testimonio de sus hijos estudiantes y establecer el origen del engaño dado que, como dice la madre en el curso del filme, todos estamos vinculados a todos mediante una cadena de, a lo sumo, seis personalidades. Son los *seis grados de separación* que dan título a la película y que abarcan la totalidad del género humano: con media docena de eslabones es posible establecer comunicación con el Papa de Roma, el presidente de la República Armenia o un aborigen plantado en la inmensidad de Australia.

Ahora bien, ¿por qué seis grados de separación y no cinco o una docena? Es una cuestión de medida. El año 1967 Stanley Milgram, a la sazón sociólogo en Harvard, llevó a la práctica un sencillo experimento. Milgram solicitó a una serie de residentes en los estados de Kansas y Nebraska, al oeste de las grandes llanuras de los Estados Unidos de América, que intentaran establecer contacto, a través del correo postal, con un grupo de ciudadanos afincados en Boston, en el extremo noreste del país. Cada persona debía remitir una carta a un conocido que guardara, en su opinión, posibilidades de conocer al destinatario bostoniano o en su defecto a alguien que tuviera noticia suya, y así sucesivamente.

La experiencia arrojó un promedio de cinco intermedios antes de alcanzar el destino final de Boston, lo que quiere decir una distancia igual a seis. Posteriormente, Milgram reanudó el experimento con una ligera modificación. En este caso el destinatario y el emisor fueron escogidos entre miembros de distintas comunidades raciales, con la intuición de que el trayecto habría de alargarse. Así no obstante, la distancia media fue otra vez igual a seis, dando pie a la hipótesis de los seis grados de separación o, si se prefiere, *seis encajadas de manos* entre dos individuos cualesquiera del planeta.

EL JUEGO DE HOLLYWOOD

Es común, en el universo del cine, el llamado juego de Bacon. El pasatiempo estriba en determinar la distancia de cualquier actor a Kevin Bacon. Un actor tiene distancia Bacon 1 si ha participado en una película, cuando menos, en la que interviene Kevin Bacon, distancia 2 si ha compartido cartel con un actor a distancia Bacon 1, y así sucesivamente. La distancia de Charles Chaplin a Kevin Bacon es de este modo tres, con Marlon Brando y Laurence Fishburne en el papel de eslabones. Ni que decir tiene que puede definirse la distancia entre dos actores cualesquiera, Tom Cruise y Lola



Gaos, por ejemplo, que es igual a cuatro, vía Emmanuelle Béart, Michel Piccoli y Paco Rabal; la serie de películas es en este caso: *Misión imposible*, *La belle noiseuse*, *Belle de jour* y *Viridiana*. Se sospecha que ningún actor, siempre y cuando haya participado en un film comercial, tiene distancia Bacon mayor a 6.

De otro lado, la comunidad matemática goza también de un singular epicentro: el matemático húngaro Paul Erdős, muerto en 1996 mientras asistía a un congreso. La producción de este genio es tan enorme, computada en número de publicaciones, que hace tiempo que se habla en la literatura de la llamada distancia Erdős: un matemático tiene distancia Erdős 1 si ha firmado un artículo en colaboración con él, distancia 2 si ha publicado con un matemático a distancia Erdős 1 y así consecutivamente. Existe la creencia de que ningún matemático del mundo, siempre y cuando haya publicado un artículo conjuntamente a otro firmante, está desvinculado de Erdős. Se ha conjecturado, incluso, que todo científico y estudiioso, sin que haya de ser matemático, tiene distancia Erdős finita. Por ejemplo, la distancia de Erdős a Einstein es 2 gracias al matemático alemán Ernst G. Straus; 4 a Noam Chomsky, famoso lingüista y profesor en el MIT; 3 a Jean Piaget, psicólogo y pedagogo; y 5 al filósofo Karl Popper. Dan Kleitman ostenta la proeza de tener un número combinado Erdős-Bacon igual a 3, por cuanto no sólo firmó siete artículos en colaboración con Erdős, sino que aparece en el film *Good Will Hunting* al lado de Minnie Driver, quien por otra parte comparte cartel con Bacon en *Sleepers*.

EL MODELO NUMÉRICO: REDES PEQUEÑO-MUNDO

Lo que estas redes, llamadas *pequeño-mundo*, tienen en común, y lo mismo otras -por ejemplo: el esquema neuronal del gusano *Caenorhabditis elegans*, el mapa de propagación de epidemias de un área geográfica o la red de suministro de una compañía eléctrica-, puede ser descrito en términos de la teoría de grafos. Un grafo es una estructura de elementos relacionados de forma binaria, es decir, un conjunto de *nodos* o puntos dispuestos en el plano, conectados por líneas llamadas *aristas*. Cualquiera de las redes descritas anteriormente puede ser representada por un grafo simple. Así, en el llamado *grafo de colaboración*, Erdős los nodos designan matemáticos y las aristas colaboraciones. Dos nodos son adyacentes, es decir, permanecen unidos por una arista, si y sólo si representan matemáticos que han firmado un artículo en colaboración. Igualmente, puede esbozarse un grafo descriptivo de la sociedad de actores, designando las aristas intervenciones en un mismo filme.

En un artículo ya clásico, publicado en *Nature* el 4 de junio de 1998, Duncan J. Watts y Steve Strogatz ponían de manifiesto lo que las redes pequeño-mundo tienen en común, a saber, un diámetro pequeño combinado con un grado alto de agregación. Es decir, las redes pequeño-mundo son redes en las cuales la distancia máxima entre dos nodos -lo que se llama *diámetro*- es relativamente pequeña, pero cuyo grado de agregación es alto: de esta manera, dado un nodo determinado, un porcentaje alto de sus vecinos son a su vez vecinos entre sí. Ahora bien, ¿cómo construir una red de esta

naturaleza? O dicho de otro modo, ¿cómo determinar si una red obedece a la pauta de pequeño mundo?

Watts y Strogatz partieron en su ensayo de redes regulares, como las que se ilustran en la figura, a las cuales fueron aplicando, de forma sucesiva, alteraciones hasta convertirlas en redes aleatorias. Una red regular es una red tal que todos sus nodos tienen el mismo número de aristas. En el caso que nos ocupa, Watts y Strogatz propusieron además una familia con un grado alto de simetría. Distribuyeron los nodos sobre un círculo y los unieron con los nodos más próximos tanto por la derecha como por la izquierda: en la figura, dos en cada sentido, aunque esta cantidad puede variar. Estos grafos, como se demuestra fácilmente, tienen un alto grado de agregación y un diámetro elevado. En el citado artículo, Watts y Strogatz partieron de grafos pertenecientes a esta familia para, a continuación, modificarlos de forma aleatoria. Así, para una variable p determinada, Watts y Strogatz escogían cada arista del grafo regular original con probabilidad p y la trasladaban hacia otra zona del grafo, designada al azar, obteniéndose para cada probabilidad familias con propiedades diferentes: cuanto mayor es p más alto el porcentaje de aristas modificadas y más pequeños el diámetro y grado de agregación finales. Tal y como habían conjecturado Watts y Strogatz, las redes pequeño mundo -es decir, redes con un diámetro pequeño y un apiñamiento alto- ocuparon un lugar en medio del espectro entre las redes regulares, que presentan mucho apiñamiento y un diámetro alto, y las redes aleatorias, que contrariamente tienen un grado de agregación y un diámetro reducidos. Es de este modo que pueden definirse, a partir de redes regulares y sin llegar a formar modelos completamente aleatorios, grafos con un diámetro pequeño y un grado de agregación elevado, es decir, redes pequeño-mundo. En estos casos, por lo demás, es imposible determinar localmente -desde uno de los puntos de la red, sin acceder al resto- la transición de red regular a red pequeño-mundo, dada su relación con la estructura global del grafo.

Por otra parte, todo el laborioso proceso de redistribución de las aristas puede llevarse a cabo de forma determinista, desviando las conexiones de unos puntos a otros del grafo no de forma aleatoria, como hacen Watts y Strogatz, sino con objeto de minimizar el diámetro. Se han definido así las redes pequeño-mundo deterministas, que presentan las mismas características que las redes de Watts y Strogatz, pero acentuadas. De este modo, es posible describir una red de cuatro millones de nodos, o habitantes, tal que el diámetro inicial de 1000 pueda reducirse hasta 10 reconectando solamente 250 nodos, es decir, haciendo, por ejemplo, que un personaje de la población se entreviste con 249 interlocutores. Los efectos de este fenómeno pueden ser devastadores si se piensa en un modelo de propagación de epidemias: poniendo en contacto sólo 250 personas de un total de cuatro millones podría reducirse la distancia máxima entre dos individuos de 1000 a 10. Esto es, cualquier persona estaría finalmente a una distancia de diez contactos, a lo sumo, con un foco de contagio, siendo inicialmente esa diferencia igual a mil.

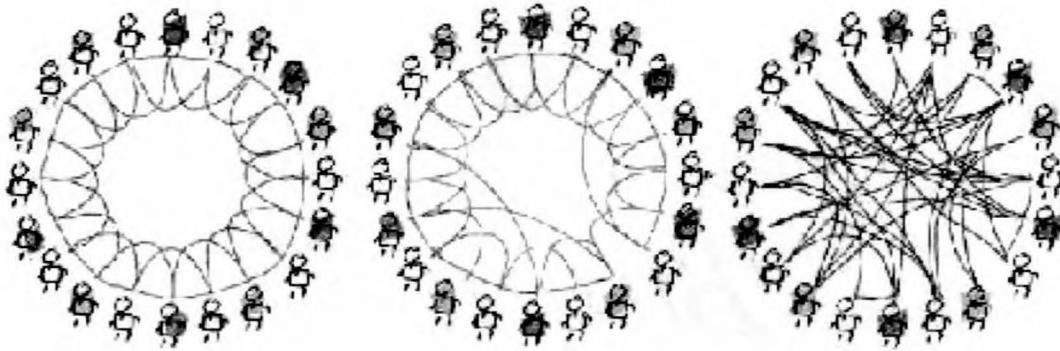


Fig. 1. La primera figura muestra una red regular con un grado de agregación elevado (vecinos de un nodo determinado están conectados entre ellos) y diámetro alto. La tercera figura (red aleatoria), contrariamente, tiene agregación baja y un diámetro pequeño. Entre estos extremos aparecen las redes pequeño-mundo, con una agregación elevada y un diámetro pequeño.

EL MUNDO ES UN PAÑUELO

El mundo, ciertamente, es una red de este tipo. Esto es, puede ser representado por un grafo con pautas de regularidad. Así, para un individuo dado puede aproximarse, dentro de su círculo de amistades, un dominio de cien personas. Si cada uno de estos individuos conoce de su lado a cien personas y volvemos a multiplicar por 100 tendremos, después de una cadena de seis capítulos, un número de personas igual a 100 elevado a 6, es decir, un billón, suficiente para abarcar la superficie entera del planeta. La realidad, no obstante, es distinta: de las cien personas que un individuo puede declarar son muchos los que previamente puede incluir la lista -los amigos de nuestros amigos suelen ser nuestros amigos, o cuando menos caer en el círculo de nuestros allegados-, de tal manera que la cadena no se multiplica cada vez por cien sino por un factor más pequeño.

Por otro lado, el círculo puede encerrar saltos a zonas remotas -nexos similares a las aristas aleatorias de Watts y Strogatz- en el sentido de amistades poco frecuentes capaces de reunir, por ejemplo, al amo de una quinta del sur de Buenos Aires con un payés de la Garrotxa o el guarda de la sala Bordone del Kunsthistorisches Museum, en Viena. Es sabido que la red de actores tiene diámetro pequeño merced a la incidencia de aristas de este tipo, es decir, de parejas poco habituales que determinan enlaces entre áreas del grafo en un principio remotas, como es el caso de Emmanuelle Béart y Tom Cruise, coprotagonistas de *Misión Imposible*, o el del veterano actor Eddie Albert, que ha participado en más de ochenta películas a lo largo de sesenta años, permitiendo establecer enlaces entre estrellas como Bogart, Brando, Richard Burton, John Travolta y el mismo Kevin Bacon.

En su artículo original, Watts y Strogatz analizaron además otras topologías de red, como la distribución eléctrica de la zona oeste de los Estados Unidos y el esquema neuronal del gusano *Caenorhabditis elegans*, que compararon con la red de actores y con su modelo probabilístico, obteniendo las mismas pautas. Posteriormente, un equipo de la Universidad de Notre Dame de Indiana, encabezado por Albert-László Barabási, ha llevado a cabo medidas y estadísticas sobre la celeberrima world-wide web, es decir

Internet, habiendo encontrado el mismo esquema. Lo único que se precisa, en resumidas cuentas, para dar pie a una red pequeño-mundo es una ligera proporción de conexiones entre zonas alejadas del espacio.

INTERESES Y ALCANCE

El interés del efecto pequeño-mundo viene así determinado por el amplio espectro de su alcance. No sólo perfila las bases para un modelo de propagación de epidemias y la ciencia de la rumorología (desgraciadamente, es más sencillo contagiar una enfermedad en una red pequeño-mundo que en una red ordinaria, tal como sucedió en el año 1976 con el virus Ebola, propagado desde el Zaire y Sudán hasta la Gran Bretaña por mediación de un investigador afincado en el África central), sino que es susceptible de servir de modelo de redes telemáticas, la www, por ejemplo, o una red GSM o UMTS de telefonía móvil, a fin de recortar el diámetro con un número mínimo de intervenciones, o como pauta para comprender las ingentes construcciones neuronales del sistema nervioso animal y el modo en que las diferentes partes del neocórtex entran en resonancia para crear imágenes perceptivas y reacciones conscientes, empresa dirigida por Olaf Sporns en el Instituto de Neurociencia de San Diego. No sólo los matemáticos se distribuyen del mismo modo que los actores, sino que la red mundial o el sistema nervioso de un ser vivo presentan rasgos en común, instancia que Watts y Strogatz han puesto de manifiesto, con ayuda de su modelo matemático. Un modelo simplificador como todos los modelos, pero necesario a fin y efecto de esclarecer lo que sucede en el entresuelo. En este caso, que el mundo es un pañuelo y bastan seis grados de separación.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

- Albert R., Jeong H., Barabási A., Diameter of the Worl-Wide Web, Nature, vol. 401, 9 September 1999
- Comellas F., Ozón J., Peters J., Deterministic Small-World Communication Networks, Information Processing Letters. Aceptado Abril 2000.
- Watts D., Strogatz S., Collective dynamics of «small-world» networks, Nature, vol. 393, 4 June 1998
- Watts D., Small Worlds, Princeton University Press, New Jersey 1999



CATÁLOGO DE AYUDAS TÉCNICAS EN WEB ACCESIBLE A PERSONAS DISCAPACITADAS.

SOLUCIONES DE ACCESIBILIDAD

Rafael Luque Leiva, Juan Ignacio Godino, Santiago Aguilera

Departamento: Departamento de Ingeniería Electrónica (DIE) - Laboratorio de Tecnologías de Rehabilitación (LTR)

*Escuela: Escuela Técnica Superior de Telecomunicación (UPM)
correo: luque@tid.es*

INTRODUCCIÓN AL CATÁLOGO DE AYUDAS TÉCNICAS

En España, según datos de la última Encuesta sobre Discapacidades, Deficiencias y Minusvalías del INE (1986), las personas con algún tipo de discapacidad representaban el 15% de la población (5.743.288 personas), de las cuales cerca del 50% eran mayores de 65 años. A partir de estas cifras, es fácil deducir que de mantenerse la actual estructura demográfica, creciente longevidad y descenso de la fecundidad, el número de personas con discapacidad aumentará y por tanto, será necesario potenciar las políticas sociales y, en general, empezar a considerar con mayor seriedad las necesidades y servicios que demanda este colectivo.

Una de las necesidades básicas de la mayoría de personas discapacitadas es dotarse de las ayudas técnicas adecuadas a su discapacidad. Se entiende por **ayuda técnica**, en un sentido amplio, **cualquier equipo o instrumento que ayude a compensar, mejorar o neutralizar alguna discapacidad** (desde una silla de ruedas hasta software especializado para facilitar el acceso al ordenador). Disponer de estas ayudas técnicas, en muchos casos, permite mejorar la calidad de vida de sus usuarios y ayudarles a superar las desventajas que la enfermedad les origina en su relación con los demás (lo que se conoce como minusvalías).

Ahora bien, el pequeño número de establecimientos especializados en ayudas técnicas existente, incluso en las grandes ciudades, junto a la falta de información técnica, económica y empresarial sobre las ayudas técnicas en el mercado, dificultan en gran medida la búsqueda y obtención de estas ayudas tan necesarias. Si a todo esto unimos el hecho de que un gran número de discapacitados tiene dificultades para desplazarse hasta los puntos de venta y exposición, el problema resulta aún más grave.

Nuestro proyecto surge precisamente como una iniciativa conjunta del **CEAPAT** (Centro Estatal de

Autonomía Personal y Ayudas Técnicas) y el **LTR** (Laboratorio de Tecnologías de Rehabilitación) de la UPM, para tratar de resolver esta situación, respondiendo a las necesidades de información que plantean los usuarios de ayudas técnicas. Partiendo de la información disponible en **BASATEC**, una de las más completas y actualizadas bases de datos de ayudas técnicas, el CEAPAT edita periódicamente su Catálogo de Ayudas Técnicas (en adelante C.A.T), con la intención de distribuirlo entre profesionales de la rehabilitación, asociaciones de discapacitados y, en general, a toda persona u organismo interesado en conocer las soluciones técnicas adaptadas a los problemas de discapacidad, disponibles hoy en día en el mercado español. Este catálogo recoge las características técnicas de las ayudas, información sobre sus fabricantes, distribuidores, diseñadores e importadores, así como fotografías y precios.

En un principio el C.A.T. del CEAPAT se materializaba en dos voluminosos tomos de papel, con las consiguientes dificultades y costes que suponía realizar y distribuir periódicamente una edición actualizada. En una segunda fase el LTR ha desarrollado una herramienta informática de consulta con una interfaz gráfica amigable. Esta aplicación constituye el catálogo que se distribuye actualmente en CD-ROM.

CATÁLOGO DE AYUDAS TÉCNICAS EN WEB

Dada la buena acogida que tuvo el C.A.T. desde un principio, y teniendo en cuenta el desarrollo, cada vez mayor, de las Tecnologías de la Información en nuestra sociedad, inmediatamente se planteó cómo aprovechar las ventajas que podía proporcionar a los usuarios del Catálogo el desarrollo de una nueva versión, en este caso sobre Internet.

Las ventajas que supone disponer de un servicio de este tipo *on-line*, frente a la actual aplicación en CD-ROM son evidentes:



Universalización del servicio

Aumenta el grupo de usuarios potenciales del servicio, pasando de las personas e instituciones entre las que se distribuía el CD-ROM, a prácticamente cualquier persona que disponga de una conexión a Internet y de un navegador.

Movilidad de los usuarios

Una versión web del Catálogo permite a sus usuarios servirse del mismo desde cualquier lugar del mundo, y no necesariamente, como hasta ahora, desde un PC en el que previamente se haya instalado la aplicación de consulta.

Servicio multiplataforma

Un Catálogo Web funciona independientemente de la plataforma o del sistema operativo empleado por sus usuarios. Sin embargo, para conseguir esta misma característica en una aplicación como la que se distribuye en la actualidad, sería necesario desarrollar versiones específicas para cada plataforma huésped.

Facilidad de actualización

En una aplicación distribuida como la que planteamos, ya no es necesario hacer llegar a los usuarios una nueva edición del Catálogo cada vez que se actualiza el contenido de la base de datos o se mejoran las prestaciones de la herramienta de consulta. Las actualizaciones tienen lugar únicamente en el servidor, de forma transparente a los usuarios, que se benefician inmediatamente de las mejoras introducidas en el servicio, sin necesidad de instalar una nueva versión.

Sin instalación (*zero installation*)

El Catálogo web libera a los usuarios de la necesidad de instalar en sus equipos la herramienta de consulta y la base de datos correspondiente. En su lugar, mediante un navegador convencional se accede a toda la información disponible públicamente en el servidor.

En general, los usuarios se beneficiarían de todas las ventajas que presentan las aplicaciones distribuidas, empleen el protocolo HTTP [1] o cualquier otro, sobre las aplicaciones convencionales.

ACCESIBILIDAD

Una vez justificada la necesidad de trasladar el C.A.T. a un entorno Web, a la vista de todas las ventajas que supone para los usuarios y los proveedores del servicio, se plantea la cuestión de cómo conseguir que la información del Catálogo, dirigida fundamentalmente a personas con discapacidad, sea accesible a todos los usuarios y en cualquier contexto de navegación.

Para aquellos que no estén familiarizados con los temas de accesibilidad, hay que considerar que muchos usuarios de una página web y, en general, de cualquier aplicación, pueden encontrarse en situaciones muy diferentes a la que se suele considerar normal:

- Dificultades o carencia de vista, oído o movimiento.
- Dificultad para procesar cierto tipo de información, o para la lectura y comprensión.
- Ausencia o incapacidad para usar un teclado o un ratón.
- Empleo de una pantalla textual, una pantalla pequeña, o una conexión a Internet lenta.
- Situaciones en las que los ojos, oídos o manos están ocupados o sufren interferencias (conduciendo con un sistema de navegación manos libres, trabajando en entornos ruidosos, etc.)
- Uso de otras versiones de navegador, un navegador completamente diferente, un navegador con síntesis de voz o un sistema operativo distinto.

Los desarrolladores de contenidos web deben empezar a considerar estas situaciones en el diseño de sus páginas y aplicaciones. Imagínese por ejemplo, un persona que no pueda usar sus manos o sus ojos, esto significa que no podrá usar un ratón, leer una pantalla o escribir en un teclado.

Precisamente con el objetivo de promover prácticas de diseño accesible en web, el W3C (World Wide Web Consortium), un importante organismo de estandarización de Internet, ha creado un grupo de trabajo especializado en este tema, denominado WAI (Web Accessibility Initiative). Como resultado del trabajo de este grupo, se han elaborado unas directrices para el diseño de contenidos web accesibles (Web Content Accessibility Guidelines 1.0), que tomaron carácter de recomendación el 24 de Marzo de 1999, y que cualquier desarrollador web, especialmente los que diseñan sitios de organismos públicos o de interés social, como es el caso de nuestro Catálogo, debería conocer y aplicar. Estas guías se encuentran a disposición pública en el web del W3C.

(<http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990324>).

La guía del WAI se organiza en 14 directrices, cada una de las cuales consta a su vez de una lista de puntos clave (checkpoints) a los que se asigna diferente prioridad:

Prioridad 1

Puntos que los desarrolladores **DEBEN** satisfacer. En caso contrario, uno o más grupos encontrarán

imposible el acceso a la información del documento. Satisfacer estos puntos es, por tanto, el requisito básico para permitir el uso del web a determinados grupos de personas.

Prioridad 2

Puntos que **DEBERÍAN** ser satisfechos. De no hacerse así, uno o más grupos encontrarán difícil acceder a la información del documento. Satisfacer estos puntos elimina importantes barreras para el acceso al contenido de un web.

Prioridad 3

Puntos que **PUEDEN** ser satisfechos. En caso contrario, varios grupos pueden encontrar alguna dificultad para acceder a la información. Satisfacer este tipo de pautas mejora el acceso al web.

Para indicar la conformidad de una página o de todo un sitio web con las directrices de accesibilidad, el WAI propone una clasificación en tres niveles:

Nivel A: Se satisfacen todos los puntos de prioridad 1.

Nivel AA: Se satisfacen todos los puntos de prioridad 1 y 2.

Nivel AAA: Se satisfacen todos los puntos de prioridad 1,2 y 3.

Todo esto no debe hacer pensar a los desarrolladores que para conseguir accesibilidad en sus trabajos, hay que renunciar al uso de imágenes, video, o cualquier otro medio distinto del «texto plano». El objetivo es más bien saber cómo hacer esos contenidos multimedia más accesibles a todos los usuarios.

Por este motivo, en el desarrollo del Catálogo no se ha entendido la accesibilidad como un problema que se resuelve dotando a un web de una versión textual y raquírica para los usuarios discapacitados, y otra para el público en general, multimedia, actualizada con mayor frecuencia y dotada de los últimos avances tecnológicos. Nuestro objetivo desde un principio ha sido mucho más ambicioso: se trataba de crear un servicio web altamente interactivo y con todas las facilidades que ya disfrutaban los usuarios de la versión CD-ROM (menús, menús flotantes, teclas rápidas, glosario de términos, posibilidad de síntesis de voz, etc.), garantizando, por otro lado, la accesibilidad a ese servicio de las personas mayores o con discapacidad a las que se dirige el mismo.

Para satisfacer todos estos requisitos se tomaron algunas decisiones de diseño, en las que pesaron fundamentalmente los criterios de accesibilidad. Las más relevantes fueron:

Necesidad de una doble versión

Lógicamente, unas prestaciones tan exigentes como las pretendidas no pueden alcanzarse mediante simples páginas HTML [2], sino que hay que introducir en el lado cliente algún tipo de componente o lógica (DHTML [3], ActiveX [4], Applets Java [5],...) que se ejecute localmente.

Para evitar la barrera tecnológica que esto supone a los usuarios que empleen navegadores sin soporte para esa tecnología, es necesario disponer de una versión HTML, que garantice la disponibilidad del servicio para cualquier agente de navegación.

Empleo de la tecnología JAVA

JAVA permite desarrollar fácilmente aplicaciones (applets) contenidas en una página HTML que un navegador con soporte Java es capaz de ejecutar. A esto hay que añadir que se trata de un lenguaje orientado a objetos, moderno, en constante expansión, y lo que resulta más interesante, con importantes capacidades destinadas a conseguir la accesibilidad de sus aplicaciones.

Diseño de un sitio web doble A

El sitio web dedicado al C.A.T., en el que se recoge toda la información referente al servicio, así como el servicio propiamente dicho en sus dos versiones: HTML y JAVA, debe ajustarse a las pautas de accesibilidad publicadas por el WAI. Si para cualquier web hay que exigir al menos un nivel de accesibilidad A, en nuestro caso, se pretende alcanzar un nivel de conformidad doble o triple A.

Separación contenido/estructura/presentación de los documentos

Esta separación facilita una transformación consistente de los documentos, independientemente de los dispositivos de navegación empleados (líneas Braille, lectores de pantalla, navegadores con síntesis de voz, navegadores textuales, etc).

En este sentido, en el caso de la versión HTML del Catálogo, se sigue la recomendación del WAI de evitar el uso de las etiquetas HTML para conseguir efectos estilísticos (por ejemplo: , <I>, , etc.), en su lugar se emplean hojas de estilo (Cascade Style Sheets, CSS [6]) para controlar la presentación de la información, dejando el HTML para determinar la estructura y los contenidos. Mediante la hoja de estilo aplicada a una determinada página es posible controlar todos los aspectos de su visualización: familia, estilo y tamaño de las fuentes, colores, posición de los elementos en la pantalla... Un beneficio inmediato del uso de hojas de estilo es permitir a cada usuario



configurar cómo se le deben presentar las páginas para ajustarse a sus necesidades particulares: alto contraste, fuentes grandes, etc. Para aprovechar este potencial en el web del Catálogo se ha definido un conjunto de estilos para que los usuarios elijan el más conveniente para sus circunstancias personales.

ARQUITECTURA DEL CATÁLOGO DE AYUDAS TÉCNICAS EN WEB

En el nuevo catálogo se emplean conjuntamente applets y servlets JAVA [7] para conseguir una aplicación web multicapa. Los applets proporcionan un mecanismo adecuado para construir interfaces de aplicación potentes y dinámicas, mientras que los servlets manejan las peticiones a un servidor web mucho más eficientemente que los programas CGI [8] tradicionalmente empleados.

Son diversas las alternativas para implementar una arquitectura de este tipo.

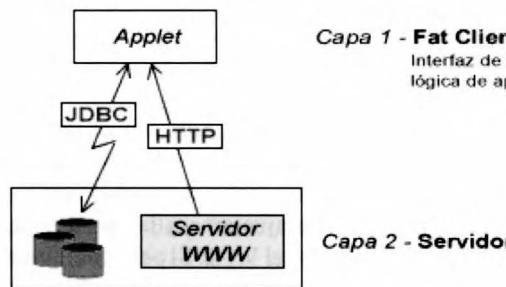


Figura 1. Modelo de dos capas

La primera opción es un tradicional modelo cliente-servidor de dos capas (fig. 1), que realmente usa applets pero no servlets. A pesar de las limitaciones impuestas a los applets por el modelo de seguridad de los navegadores, se pueden usar protocolos como JDBC [9] para comunicarse directamente con las fuentes de información en el servidor. Aunque a simple vista el modelo parece sencillo, plantea muchos problemas y no suele ser una buena solución:

- En primer lugar, requiere que se incluya toda la información de acceso en el código del applet (nombres de esquemas de la base de datos, usuarios, passwords,...), donde cualquier usuario con los suficientes conocimientos podría extraer fácilmente esa información de las clases que descarga.
- La conexión a la base de datos desde el cliente, plantea problemas a los usuarios que no disponen de conexión directa a Internet, sino que emplean un servidor proxy. En estos casos es necesario usar

drivers JDBC especiales, capaces de conectarse a la base de datos empleando el protocolo HTTP.

- La base de datos, o cualquier otro recurso al que se acceda, debe encontrarse en el mismo sistema que el servidor web que hospeda el applet. Esto sobrecarga este servidor, que debe ejercer una doble función: servidor web y de datos. Por la misma razón, tampoco es posible restringir el acceso a los recursos colocándolos tras un *cortafuegos* [10].
- Finalmente, este modelo hace difícil establecer disponer varios servidores web compartiendo la misma base de datos, para balancear la carga.

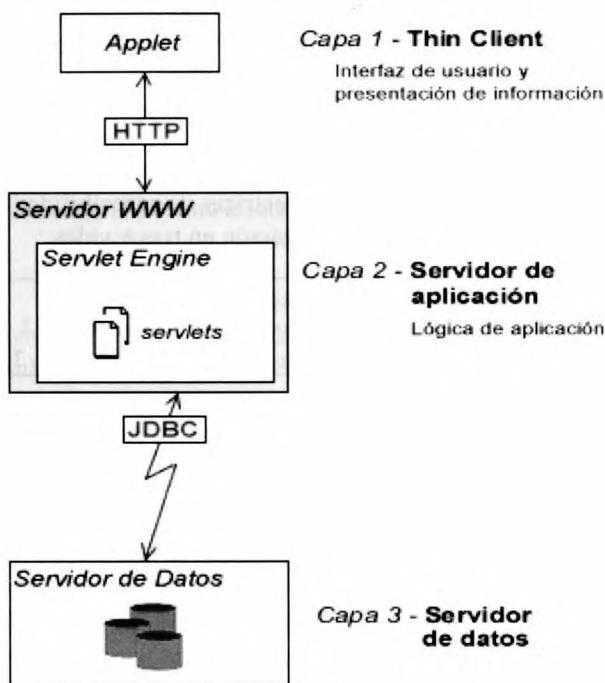
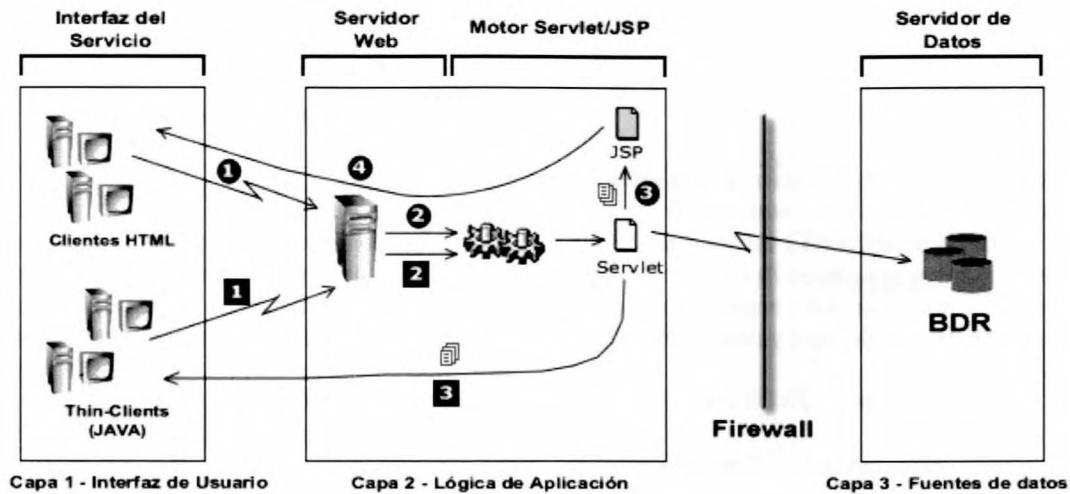


Figura 2. Modelo de tres capas

La arquitectura que finalmente se adoptó, consiste en un modelo de tres capas (fig 2). En este modelo toda la lógica de la aplicación y la comunicación con la base de datos se localiza en los servlets y componentes del servidor, mientras que el applet únicamente se ocupa del nivel de presentación. Este modelo de colaboración applet-servlet supone varias ventajas:

- En un escenario basado en applets como el nuestro, los usuarios han de descargar el cliente cada vez que acceden al servicio, por lo que es muy importante conseguir un cliente lo más ligero posible (thin-client). Pues bien, el cliente de este modelo resulta mucho más simple que el de un modelo de dos capas.
- Las conexiones a la base de datos no se realizan desde el cliente, con lo que el problema con los



- 1** Petición al servidor web de la URL de un servlet
2 El servidor web reenvía la petición al motor de servlets
3 Los objetos resultantes se envían a un JSP
4 El JSP genera salida HTML que se envía al cliente
- 1** El applet abre una conexión HTTP con el servlet
2 Reenvío de la petición al motor de servlets
3 El servlet serializa los objetos resultantes hacia el applet cliente

Figura 3. Arquitectura general del Catálogo de Ayudas Técnicas en Web.

servidores proxy queda resuelto siempre que la comunicación entre cliente y servidor se base en HTTP. Por otro lado, tampoco será necesario incluir en el cliente ningún driver JDBC.

- Posibilidad de situar el servidor de datos en otro sistema distinto al del servidor web (normalmente protegido por un cortafuegos).
- Por último, es posible gestionar más eficazmente ciertos recursos computacionalmente costosos (hebras, conexiones de red o a la base de datos, etc.), compartiéndolos en el servidor para su uso por diferentes clientes. Por ejemplo, en esta línea, el nuevo Catálogo dispone de un pool de conexiones a la base de datos. De este modo, una misma conexión puede ser reutilizada para dar servicio a distintos usuarios.

Estrategia de comunicación

En una arquitectura como la que se plantea, con applets en el extremo cliente y servlets en el servidor, es clave el sistema de comunicación que se implemente entre ambos.

Inicialmente, se pensó emplear Java RMI (*Remote Method Invocation*), lo que permitiría a los applets ejecutar remotamente operaciones en el servidor con la misma sintaxis con la que invocan métodos de sus objetos locales. RMI parecía ser una solución ideal para la comunicación applet-servlet. Forma parte del núcleo de la especificación de Java 1.1, así como de

Java 2, por lo que cualquier navegador compatible Java 1.1 debería soportar un «applet RMI»; sin embargo, la realidad es que los navegadores actuales no soportan correctamente esta tecnología, lo que desaconsejó su uso.

Descartado RMI, todavía quedaban, al menos, dos posibilidades: usar sockets o una comunicación vía HTTP.

El uso de sockets es especialmente adecuado para establecer comunicaciones bidireccionales y persistentes. Por ejemplo, para actualizar continuamente un applet con nueva información, se abre una conexión con el servidor y se reciben las actualizaciones según ocurren. Sin embargo, en este escenario es responsabilidad del desarrollador implementar un protocolo de comunicación adecuado.

Teniendo en cuenta que el applet del C.A.T. sólo debe solicitar información al servidor como respuesta a eventos que el usuario generará sobre la interfaz de usuario, no parece justificado el uso de sockets, así que se optó por una comunicación HTTP entre el applet y los servlets.

Aceptado el hecho de que la comunicación se realizará mediante HTTP, la forma más simple para un applet de intercambiar información con un servlet consiste en un flujo de texto (*HTTP Text Stream*). El problema que esto plantea es que el applet debe conocer el formato de los datos que le envían los servlets para poder interpretarlos. Cuando se quiere intercam-



biar datos más complejos, resulta mucho más adecuada una comunicación orientada a objetos (*HTTP Object Stream*), que es la solución finalmente empleada.

Una arquitectura como la descrita, que separa la lógica de aplicación (*servlets y componentes Java*) de la interfaz (*applets, HTML, CSS y JavaServer Page*), permite desarrollar una aplicación flexible y escalable, fácil de diseñar y mantener. Esta arquitectura nos ha permitido reducir la complejidad y aumentar la seguridad del sistema.

En nuestro caso, además, la arquitectura se ajusta perfectamente a la necesidad de disponer de dos versiones, permitiéndonos reutilizar los mismos servlets y componentes en el servidor para ambas versiones (HTML y Java). El núcleo del Catálogo está constituido por una colección de servlets que representan los servicios proporcionados a los usuarios: consulta de las características de una ayuda técnica, información sobre sus casas comerciales, glosario de términos, etc. Estos servlets aceptan peticiones HTTP, tanto de clientes convencionales (*browsers*) como de los clientes Java del Catálogo (*applets*); realizan los procesamientos pertinentes y generan uno o más objetos Java como respuesta a cada una de esas peticiones. Según el tipo de cliente sea un navegador o un applet, los servlets reenvían los objetos resultantes hacia un JSP (JavaServer Page) encargado de su presentación o hacia el cliente Java, respectivamente (fig. 3).

ACCESIBILIDAD EN JAVA

Ya se ha descrito cómo la necesidad de accesibilidad a la información de las personas discapacitadas ha condicionado el diseño de los contenidos web en la versión HTML del Catálogo. Ahora bien, esta misma problemática también debía ser resuelta en la versión JAVA para los usuarios del applet.

La siguiente tabla recoge algunas de las necesidades que presentan las personas con discapacidad para usar una aplicación:

- Personas ciegas o con dificultades de visión:

- Alternativas de teclado al uso del ratón (*mouseless operation*)
- Descripciones textuales de gráficos y video.
- Saber qué objeto tiene el foco y cuando cambia.
- Saber cuál es la acción por defecto y cómo realizarla.
- Magnificación de pantalla.
- Uso de colores con alto contraste.

- Personas sordas o con dificultades de audición:

- Indicación visual de cualquier sonido.
- Subtítulos en presentaciones multimedia.

- Personas con dificultades de movimiento:

- Dispositivos de entrada alternativos al teclado y el ratón.
- Alternativas a la pulsación simultánea de varias teclas.

Algunas de estas necesidades pueden considerarse requisitos básicos de cualquier interfaz de usuario correctamente diseñada. Por ejemplo, manejar una aplicación sin necesidad de ratón es una característica exigible a cualquier GUI (Interfaz Gráfica de Usuario). Sin embargo, sería muy difícil diseñar una aplicación capaz de cubrir por sí misma todas las necesidades de las personas discapacitadas. Por este motivo, no hemos pretendido obtener un applet que resuelva todos los problemas que estos usuarios pueden encontrar en su uso. Nuestro objetivo ha sido conseguir la integración de este applet con las tecnologías de asistencia (*assistive technologies*) más extendidas.

Se conoce como **tecnologías de asistencia** aquellas **utilidades especializadas en facilitar a los discapacitados la interacción con el resto de aplicaciones**. Entre estas se encuentran los lectores de pantalla, reconocedores/sintetizadores de voz, magnificadores, etc.

Son por tanto las tecnologías de asistencia las encargadas de proporcionar interfaces alternativas para nuestro servicio, adaptando el applet del C.A.T. a las necesidades de cada tipo de discapacidad. Es decir, en lugar de incorporar en nuestro cliente todo tipo de adaptaciones especiales, lo que complicaría su desarrollo y además, nunca cubriría completamente las necesidades de todos los posibles usuarios, se ha optado por crear un cliente con el que las herramientas especializadas sean capaces de interaccionar. Por ejemplo, en lugar de añadir un módulo de síntesis de voz, serán los lectores de pantalla de los usuarios los que accederán a los componentes del applet para sintetizarlos.

¿Cómo funciona?

A continuación, se describen en líneas generales los mecanismos disponibles a los desarrolladores de aplicaciones Java para conseguir accesibilidad en esta plataforma. Se presupone cierto conocimiento por parte del lector de las bases del lenguaje, por lo que recomendamos a los lectores que no estén familiarizados con Java o no vayan a desarrollar aplicaciones que reanuden la lectura del artículo en el siguiente apartado.

La accesibilidad en Java puede entenderse como una cooperación entre las tecnologías de asistencia y

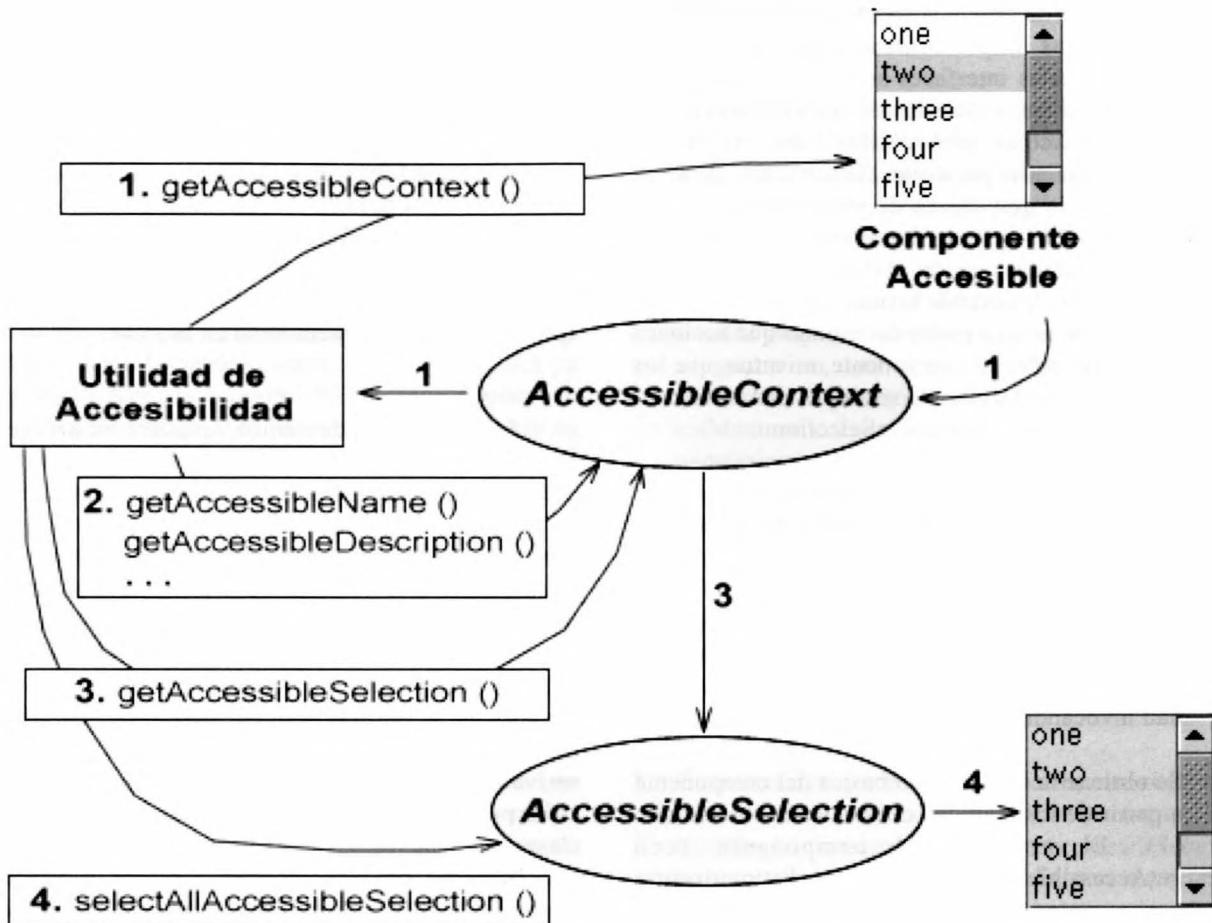


Figura 4. Diagrama de cómo interacciona una tecnología de asistencia con una aplicación accesible

las aplicaciones. Las primeras consiguen interfaces más potentes y accesibles, y a cambio, las segundas deben permitir el acceso externo a sus componentes para extraer toda la información necesaria. Por ejemplo, una herramienta de asistencia consistente en un reconocedor de voz, ha de ser capaz de escribir en los campos de texto de una aplicación, o de activar sus controles (menús, botones, etc.) según las órdenes que reciba del usuario.

Lógicamente, este tipo de interacción no es posible con aplicaciones Java convencionales, sino que es necesario exportar explícitamente las funcionalidades que se deseé hacer accesibles. Con este fin, Sun MicroSystems ha definido la interface `javax.accessibility.Accessible`, que cualquier componente accesible deberá implementar. Se trata de una interface muy simple que consta de un único método:

```
public AccessibleContext getAccessibleContext ()
```

Este método es invocado por las tecnologías de asistencia para obtener los contextos accesibles (instancias de `AccessibleContext`) asociados a cada componente.

La clase `AccessibleContext` constituye el centro del API de accesibilidad de Java. Se trata de una clase intermediaria que contiene toda la información que los componentes accesibles exportan al exterior. Básicamente tiene tres responsabilidades:

- Facilita la información de accesibilidad básica de los componentes: nombre, descripción, role, estado, padre e hijos en la jerarquía de componentes accesibles.
- Permite a las herramientas de acceso registrarse sobre alguna de las propiedades anteriores, para recibir notificación de los eventos de cambio.
- Contiene métodos para obtener información de accesibilidad más específica.

Java define cinco interfaces que recogen las distintas funcionalidades que un componente accesible puede exportar: `AccessibleAction`, `AccessibleComponent`, `AccessibleSelection`, `AccessibleValue` y `AccessibleText`. Cada una de estas interfaces proporciona mecanismos dirigidos a que las tecnologías de asistencia accedan e incluso modifi-



que algún tipo de propiedad particular de los componentes que las implementan. Los objetos que implementan estas interfaces se obtienen invocando los correspondientes métodos de AccessibleContext: getAccessibleAction, getAccessibleValue, etc. No todos los componentes presentan el mismo tipo de accesibilidad, por lo que alguno de estos métodos puede devolver null. Por ejemplo, los componentes que pueden realizar alguna acción (botones, combos, etc.) implementarán AccessibleAction, de ese modo una herramienta de acceso podrá determinar qué acciones puede invocar sobre el componente, mientras que los que permitan la selección de sus hijos (listas, menús, etc.) implementarán AccessibleSelection.

Los pasos básicos que una tecnología de asistencia sigue para interaccionar con una aplicación Java accesible son:

1. La herramienta de accesibilidad localiza los objetos accesibles (que implementan Accessible) de la aplicación y obtiene sus contextos de accesibilidad invocando el método getAccessibleContext.
2. Se obtiene la información básica del componente a partir de los métodos del contexto obtenido en (1). El nombre del componente (con getAccessibleName), que permite distinguir entre componentes del mismo tipo, la descripción (con getAccessibleDescription), que orienta al usuario sobre cómo usar el componente, el role, el estado, etc.
3. Se determina el tipo de accesibilidad del componente comprobando las interfaces que implementa. Para ello se invocan los cinco métodos de AccessibleContext ya mencionados.
4. Se emplean las funcionalidades exportadas por cada componente. Por ejemplo, suponiendo un componente de interfaz de usuario consistente en una lista de elementos, que implemente la interface AccessibleSelection, a través de los métodos de esta interface, una tecnología de asistencia podrá conocer en cada momento los elementos seleccionados e incluso modificar esa selección.

Puente de Acceso a Java (Java Access Bridge)

Una importante limitación del soporte para accesibilidad descrito, es el hecho de estar basado completamente en la plataforma Java. Es decir, las tecnologías de asistencia deben ser aplicaciones Java y cargarse en la misma JVM [11] que las aplicaciones a las que acceden. Esto reduce considerablemente el número de herramientas de accesibilidad que podrían emplearse, pues la mayor parte de las existentes actualmente en el mercado están dirigidas a plataformas propietarias como Microsoft Windows, Macintosh, OS/2, etc. Por

otra parte, obliga a los usuarios a disponer de dos tipos de tecnologías de asistencia, las destinadas a interactuar con las aplicaciones de la plataforma Java y las que emplearían con el resto de aplicaciones.

Afortunadamente, teniendo en cuenta el gran número de utilidades de accesibilidad disponibles actualmente para plataformas nativas, el equipo de accesibilidad de Sun ha desarrollado un medio para comunicar las herramientas de accesibilidad no Java con las aplicaciones que se encuentran en la JVM.

La solución se denomina *Java Access Bridge* y consiste en una clase Java con métodos nativos. De hecho parte del código de esta clase está proporcionado por un par de DLLs (*Dynamic Library Links*) del sistema operativo, que representan un subconjunto del JA API (*Java Accessibility API*) disponible en forma de funciones de Windows. Tal como se muestra en la figura 5, una herramienta de accesibilidad ejecutándose sobre una plataforma no Java (p. ej. un lector de pantalla en Windows) solicita información sobre la interfaz de usuario de una aplicación Java a la porción nativa del puente (DLLs). A su vez, el puente comunica las peticiones a su extremo Java, que hará uso de las clases que dan soporte a las utilidades de accesibilidad, llamadas *Java Accessibility Utilities*, o directamente del API de accesibilidad de los componentes de la aplicación.

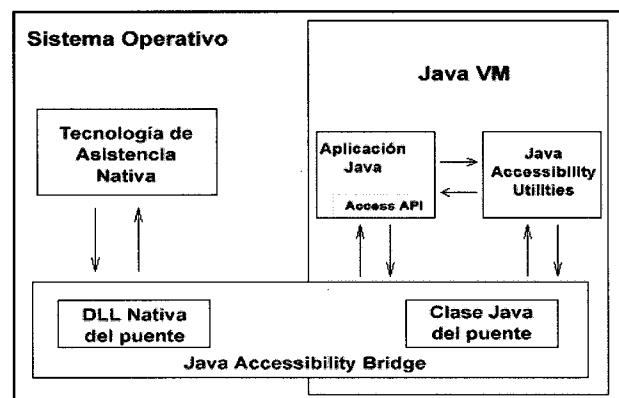


Figura 5. Funcionamiento del Java Accessibility Bridge

Gracias a esta utilidad, disponible gratuitamente en Internet, los vendedores de tecnologías de asistencia pueden añadir soporte para el API de accesibilidad de Java, sin necesidad de reescribir completamente sus productos para la plataforma Java, sino que simplemente bastará con que usen las dos DLLs del puente. Además, se evita a los usuarios la ilógica situación de tener que emplear distintas utilidades de accesibilidad para cada plataforma.

A todo esto hay que unir la buena aceptación que en poco tiempo ha tenido esta solución entre los principales proveedores de tecnologías de asistencia. Por ejemplo, Henter-Joyce, uno de los más importantes proveedores de accesibilidad, está encabezando la incorporación del soporte para la plataforma Java a través del Java Access Bridge. Su producto estrella, el lector de pantalla JAWS (acrónimo de Jobs Access With Speech), el más usado en todo el mundo, con más de 40.000 usuarios y empleado en más de 700 universidades por estudiantes ciegos, en su versión 3.5 ya soporta el API de accesibilidad de Java empleando Java Access Bridge. Además, se ha anunciado que su magnificador de pantalla MAGic pronto incorporará esta característica.

Desde el punto de vista del C.A.T., se puede afirmar que este puente de acceso a Java nos ha permitido pasar de la teoría a la práctica en lo que a la accesibilidad de la versión Java se refiere.

Accesibilidad en JFC/Swing

Sun ha incorporado el API de accesibilidad en el núcleo de la plataforma Java 2, así como en los componentes de la interfaz de usuario conocidos como Swing [12], que implementan por defecto las interfaces de accesibilidad mencionadas en este artículo. De este modo, cualquier desarrollador que emplee Swing para crear interfaces de usuario, automáticamente incluye las características de accesibilidad mencionadas en sus aplicaciones, sin ningún esfuerzo adicional de programación.

Por supuesto, usar Swing no garantiza que una aplicación sea 100% accesible. Por ejemplo, los desarrolladores que crean componentes gráficos propios deberán implementar el API de accesibilidad para conseguir que esos componentes sean accesibles. Sin embargo, en líneas generales aquellos desarrolladores que empleen Swing sólo tendrán que tener presentes algunos pequeños detalles para conseguir aplicaciones que interactúen correctamente con las tecnologías de asistencia empleadas por las personas discapacitadas. Sun ha elaborado un decálogo de reglas a tener en cuenta en la fase de desarrollo para conseguir mejorar la accesibilidad de las aplicaciones Java:

Decálogo de Accesibilidad Java

1. Si un componente no muestra un texto corto en pantalla (que le sirva como nombre), se deberá especificar un nombre con el método `setAccessibleName` de `AccessibleContext`.
2. Cuando tenga sentido, indicar cómo se debe hacer uso de un componente mediante un tool tip. Por

ejemplo: `UnJComponent.setToolTipText ("Hacer click para grabar")`;

3. Si se no emplea el tool tip en un componente, habrá que establecer una descripción para que la tecnología de asistencia se la proporcione al usuario: `UnJComponent.getAccessibleContext().setAccessibleDescription ("Hacer click para grabar")`;
4. Proporcionar alternativas de teclado cuando sea posible (hay que asegurarse de poder emplear el programa sin usar el ratón). JButton soporta la definición de nemáticos mediante su método `setMnemonic`. Igualmente, los menús soportan los nemáticos y los atajos de teclado.
5. Usar el método `setDescription` para proporcionar descripciones textuales para los objetos `ImageIcon` del programa.
6. Agrupar en un mismo contenedor (p. ej. JPanel) aquellos componentes que formen un grupo lógico en la interfaz de usuario.
7. Cuando una etiqueta (JLabel) describe otro componente, usar el método `setLabelFor` para que las tecnologías de asistencia puedan encontrar el componente asociado a la etiqueta. Esto es especialmente importante cuando en la etiqueta se describe el nemático para otro componente.
8. Si se crean componentes propios, asegurarse de implementar en ellos el API de accesibilidad. En particular, hay que advertir que JComponent no es accesible y por tanto sus subclases tampoco lo serán directamente. Por otra parte, las subclases de componentes Swing accesibles deberán sobreescibir la información de accesibilidad cuando sea necesario.
9. Comprobar la accesibilidad de la aplicación.
10. No mezclar componentes Swing con componentes pesados AWT [13] que son inaccesibles.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- [1] HTTP: Acrónimo de HyperText Transport Protocol (Protocolo de Transporte de Hipertexto). Protocolo para mover archivos de hipertexto a través de Internet. Requiere un programa cliente HTTP en un extremo y un programa servidor de HTTP en el otro. HTTP es el protocolo más importante usado en el WWW.
- [2] HTML: Acrónimo de HiperText Markup Language (Lenguaje de Marcas de Hipertexto). El lenguaje que se usa para crear los documentos



de hipertexto que se publican en la WWW. Están dirigidos a ser visualizados usando un navegador.

- [3] DHTML: (HTML Dinámico) Término empleado para describir un conjunto de tecnologías empleadas en la generación de páginas HTML dinámicas en las que se usan CSS, JavaScript y HTML.
- [4] ActiveX: Conjunto de tecnologías de Microsoft que permiten desarrollar contenidos interactivos para el World Wide Web.
- [5] Applets: Aplicaciones escritas en lenguaje Java destinadas a incluirse en una página HTML para ser ejecutadas en el sistema cliente.
- [6] CSS: Acrónimo de Cascade Style Sheets (Hojas de estilo en cascada). Se trata de una tecnología estándar de W3C que permite a los autores de contenidos web enlazar a sus páginas HTML un determinado estilo de visualización (fuentes, colores, posición, etc.) Ver <http://www.w3.org/Style/>
- [7] Servlet: Programa Java que se ejecuta en el servidor como respuesta a las peticiones de los clientes, que lo invocan mediante una URL (dirección web) convencional.
- [8] CGI: Acrónimo de Common Gateway Interface. Protocolo que define una interfaz que permite la interacción entre un servidor web y un programa externo. Por extensión se denominan también CGIs a estos programas.
- [9] JDBC: Acrónimo de Java DataBase Connectivity. Estándar de facto para el acceso a bases de datos desde una aplicación Java.
- [10] Cortafuegos: Conjunto de programas relacionados situados en un servidor de red, que protege los recursos de una red privada de los usuarios de otras redes.
- [11] JVM: Acrónimo de Java Virtual Machine (Máquina Virtual Java). Entorno de ejecución de las aplicaciones Java. No corresponde con ninguna plataforma hardware concreta, sino que se implementa mediante software.
- [12] Swing: Nombre con el que se conocen la nueva generación de componentes de interfaz gráfica de usuario que forman parte de la plataforma Java 2. Ver <http://java.sun.com/products/jfc/tsc>
- [13] AWT: Acrónimo de Abstract Windowing Toolkit. Se refiere al conjunto de componentes de interfaz gráfica de usuarios disponibles en Java antes de la introducción de Swing.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto ha podido llevarse a cabo gracias al convenio de colaboración entre el CEAPAT-IMSERSO y el Laboratorio de Tecnologías de Rehabilitación de la UPM.

REFERENCIAS

«Web Content Accessibility Guidelines 1.0», W. Chisholm, G. Vanderheiden, I. Jacobs.

24 de Marzo de 1999. Este documento está disponible en:

<http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990324>.

«Techniques for Web Content Accessibility Guidelines», W.Chisholm, G.Vanderheiden, I. Jacobs. W3C Working Draft 24 de Marzo de 1999. Este documento está disponible en:

<http://www.w3.org/TR/1999/WAI-WEBCONTENT-19990324/wai-pageauth-tech>.

«IBM Guidelines for Writing Accessible Applications Using 100% Pure Java™» IBM® Corporation 9 de Marzo de 1999. La última versión de este documento se encuentra en:

<http://www.austin.ibm.com/sns/guidelines.htm>.

«Creating a GUI with JFC/Swing» perteneciente a «The Java™ Tutorial» disponible en <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/uiswing>.

«Java Accessibility Utilities v1.2.2» disponible en: <http://java.sun.com/products/jfc/jaccess-1.2.2>

«Bridging the Gap» M. Smaragdis. Artículo disponible en <http://java.sun.com/features/2000/03/accessbridge.html>.

«Java™ Swing» R. Eckstein, M. Loy, D. Wood. ©1998 O'Reilly & Associates, Inc.

JAVA, Servlets, JDBC, JavaServer Page, RMI, Java Access Bridge, Swing y AWT son marcas registradas de Sun MicroSystems, Inc.

JAWS y MAGIC son marcas registradas de Henter-Joyce.

ActiveX® es marca registrada de Microsoft Corporation.



NAVEGAR SEGURO POR INTERNET

Josep R. Pegueroles, Juan José Alins

Profesores Asociados del Departamento de Ingeniería Telemática

Universitat Politècnica de Catalunya

teljpv@mat.upc.es, juanjo@mat.upc.es

En nuestras rutinarias incursiones en Internet, cada vez es más frecuente encontrarnos con páginas que nos informan que son seguras. En la mayoría de los casos se trata de webs que ofrecen servicios bancarios o venta de productos y en las que los datos que se intercambian servidor y cliente deben ser confidenciales. Muchas veces, sin prestarle más atención, aceptamos esos mensajes que nos muestra nuestro navegador y que nos indican si la información que vamos a enviar podrá ser leída por alguien a quien no va dirigida. En este artículo se pretende explicar brevemente cuáles son los mecanismos que podemos usar para protegernos frente a esos peligros y cómo podemos conseguir ofrecer esos mismos servicios de seguridad a través de un servidor web seguro.

1. INTRODUCCIÓN.

Internet, en sus inicios, no fue pensada como una red intrínsecamente segura. Lo principal era lograr comunicaciones eficaces, sin preocuparnos por si los datos que se intercambiaban en estas comunicaciones podían ser interceptados por agentes intrusos. Rápidamente, la Red fue creciendo y evolucionando tecnológicamente y el uso que se hacía de ella forzó la necesidad de garantizar servicios de seguridad a esas comunicaciones. Inicialmente, esa seguridad se ofreció mediante soluciones a nivel de aplicación, pero con la aparición del comercio electrónico y la necesidad de realizar pagos no presenciales a través de la Red, se vió necesario incorporar mecanismos de seguridad a más bajo nivel. La solución fue impulsada por Netscape, y consiste en una capa de seguridad adicional responsable de proporcionar los servicios requeridos, esta capa se denominó SSL o Secure Sockets Layer.



Figura 1 Icono de seguridad del programa Netscape

En los siguientes apartados explicaremos qué es lo que hay detrás de los servicios de seguridad que nos ofrece nuestro navegador, en otras palabras, qué es lo que ha

tenido que ocurrir para que el candado de nuestro navegador se cierre (**Figura 1**). Una vez ya sepamos cómo funciona por dentro la seguridad de nuestro navegador de Internet explicaremos brevemente cómo podemos instalar un servidor web seguro mediante software de libre distribución.

El resto del artículo se estructura de la siguiente manera. En la sección 2 nos encargamos de la descripción del protocolo Secure Sockets Layer, necesario para entender el funcionamiento de un servidor web seguro. En la sección 3 explicamos qué son y para qué sirven las Autoridades de Certificación y los Certificados y qué papel desempeñan en los servicios web seguros. A continuación, en la sección 4 explicaremos brevemente el comportamiento de los navegadores web. Finalmente, en el apartado 5 expondremos las herramientas de libre distribución disponibles para la realización de un servidor web seguro y se detallarán los pasos a seguir para conseguir un servidor de este tipo con el software presentado.

2. EL PROTOCOLO SSL/TLS.

Debido a la inexistencia de medidas de seguridad TCP/IP se desarrolló un protocolo con el que se puede conseguir conexiones seguras entre dos máquinas conectadas a Internet.

El SSL o Secure Sockets Layer es un protocolo inicialmente desarrollado por Netscape, ubicado entre la

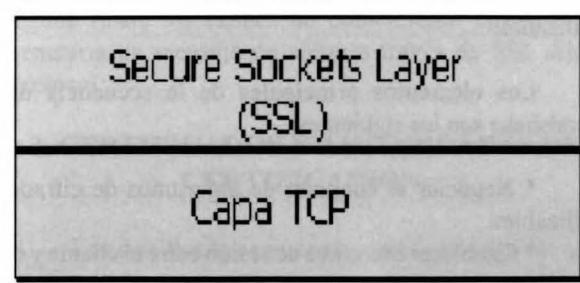


Figura 2 Icono de seguridad del programa Netscape



capa de transporte fiable (capa TCP) y la capa de aplicación (por ejemplo http), tal como se ve en la **Figura 2**. SSL proporciona un canal seguro entre cliente y servidor y ofrece la posibilidad de autenticación de las dos partes, la utilización de funciones de hash para la integridad y el cifrado para la privacidad de los datos.

Este protocolo fue diseñado para poder aceptar un gran número de opciones en cuanto a algoritmos utilizados para cifrar, para realizar hashes y firmas digitales. Estos algoritmos son negociados tanto por el cliente como por el servidor al principio de la conexión.

La **Tabla 1** muestra las distintas versiones de este protocolo, de las cuales la más ampliamente utilizada es la SSL v.3.0 ya que los navegadores todavía no se han actualizado a las nuevas versiones y las anteriores mostraron vulnerabilidades.

Versión	Origen	Descripción
SSL2.0	Netscape	Primera versión implementada.
SSL3.0	Netscape	Revisión con parche a ataques, soporte códigos no RSA y encadenamiento de certificados
TLS1.0	IETF	Actualización de la capa MAC a HMAC, mensajes estándar.

Tabla 1 Versiones de SSL.

2.1 Establecimiento de una sesión.

La sesión SSL se establece siguiendo la secuencia de handshake entre el cliente y el servidor, tal como se muestra en la **Figura 3**. Esta secuencia puede variar dependiendo de si el servidor o el cliente pueden o deben enviar un certificado.

Una vez iniciadas, las conexiones SSL, se pueden reutilizar ya que cada una de ellas tiene un identificador de sesión que el servidor recordará. Cuando el cliente se vuelve a conectar, enviará este identificador de sesión y si no ha caducado su validez, el servidor inmediatamente aceptará una conexión cifrada con los últimos valores utilizados.

Los elementos principales de la secuencia de handshake son los siguientes:

- * Negociar el conjunto de algoritmos de cifrado utilizables.
- * Establecer una clave de sesión entre el cliente y el servidor.
- * Identificar el servidor al cliente. (opcional)

* Identificar el cliente al servidor. (opcional)

El primer paso, la negociación de la gama de algoritmos de cifrado utilizables, posibilita tanto al cliente como al servidor escoger unos algoritmos que puedan utilizar los dos.

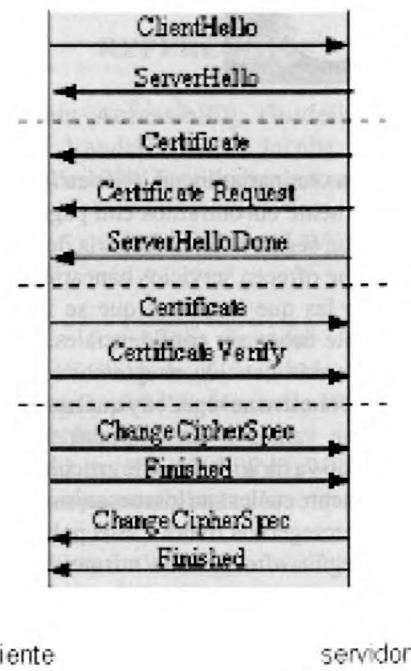


Figura 3 Establecimiento de una sesión SSL. (simplificado)

Los algoritmos a usar deben ser tanto para la autenticación e intercambio de claves como para el cifrado de los datos y el cálculo de funciones resumen o de hash.

Autenticación e intercambio de claves.

El fin general del intercambio de claves es crear un secreto común que sólo conozcan las dos partes, cliente y servidor, que después se utilizará para cifrar los mensajes y comprobar la integridad de los mismos. SSL/TLS ofrece tres tipos de autenticación:

- * Autenticación del cliente y del servidor.
- * Autenticación del servidor únicamente.
- * Ningún tipo de autenticación.

En los dos primeros casos, el canal es seguro contra ataques de hombre en el medio (donde una tercera entidad suplanta completamente al cliente o al servidor), pero en el tercero SSL/TLS es vulnerable a este tipo de ataques. Servidores anónimos no pueden autenticar a los clientes. Si el servidor requiere un certificado al cliente, este debe de ser verificable por una Autoridad Certificadora válida. De hecho, ambas partes son responsables de comprobar que los certificados presentados por la otra parte son verificables por una Autoridad Certificadora válida.

En el tercer tipo, las sesiones completamente anónimas pueden ser establecidas utilizando RSA o Diffie-Hellman para el intercambio de claves. En este caso, el servidor, en vez de enviar un certificado, sólo envía una clave sin ningún tipo de firma, lo que le hace completamente anónimo pero vulnerable al ataque de hombre en el medio.

Para los dos primeros tipos se pueden utilizar tanto un intercambio de claves con certificados RSA o DH firmados por una autoridad RSA o DSS. En cualquiera de estos casos el servidor y/o el cliente, a parte de verificar el certificado, comprobarán que ése es el certificado del otro extremo cifrando el hash de un número aleatorio (reto) con su clave privada y enviándolo al otro extremo. El otro extremo, como dispone de clave pública (que antes se ha enviado) puede descifrar el hash que después de varias modificaciones será el que se utilizará como clave del cifrado simétrico.

Algoritmo simétrico para la transferencia de datos.

Existen las siguientes opciones para el cifrado por clave simétrica:

DES (con claves de 40 y 56 bits), triple DES (clave de 168 bits), RC4 (con claves de 40 y 128 bits), RC2 (clave de 40 bits) e IDEA (128 bits). También ofrecen la posibilidad de no cifrar en ningún sentido la transferencia de datos.

Función de hash.

SSL/TLS ofrece la opción de utilizar tanto MD5 como SHA-1 para generar el mensaje de autenticación de código (MAC).

2.2 Secuencia del protocolo de handshake.

El protocolo de handshake utiliza otros tres protocolos:

- * SSL Handshake Protocol para establecer la sesión SSL
- * SSL Change Cipher Spec Protocol para ponerse de acuerdo en la clave a utilizar en el cifrado simétrico.
- * SSL Alert Protocol para el envío de mensajes de alerta y error entre el cliente y el servidor.

Estos protocolos, así como los datos de la aplicación están encapsulados dentro de SSL Record Protocol, tal como se muestra en la **Figura 4**.

Al iniciarse la conexión, el SSL Record Protocol no utiliza ningún algoritmo ni MAC, por lo que la comunicación se hace sin ningún tipo de cifrado. En cuanto el cliente y el servidor comparten un secreto y se hayan puesto de acuerdo en el algoritmo de cifrado simétrico a utilizar,

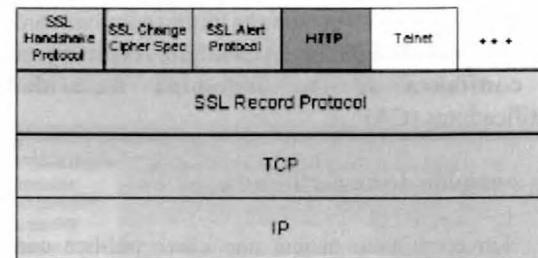


Figura 4 Stack del protocolo SSL.

usarán el SSL Change Cipher Spec para notificar al SSL Record Protocol que a partir de ese momento empiece a cifrar y a verificar los datos con la clave proporcionada.

2.3 Transferencia de datos.

El SSL Record Protocol introducido anteriormente es el utilizado para enviar los datos entre el cliente y el servidor. En la **Figura 5** se puede observar un organigrama de la estructura de este protocolo.

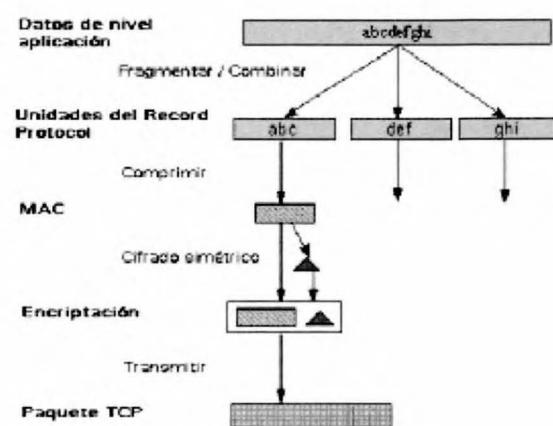


Figura 5 Stack del protocolo SSL.

Lo primero que hace el SSL Record Protocol es fragmentar los datos que le proporciona la aplicación en unidades más pequeñas, opcionalmente se comprimen cada una de estas. Una vez comprimida la unidad, se realizará un hash (con MD5 o SHA1) para ser utilizado más tarde como verificación de la integridad de la unidad. Después, la unidad y el hash se cifrarán y se transmitirán.

El proceso inverso se utilizará en recepción. Si por alguna razón los hashes no coincidiesen entonces se generaría un mensaje de alerta a través de SSL Alert Protocol.

3. CERTIFICADOS Y AUTORIDADES DE CERTIFICACIÓN.

Los certificados son documentos electrónicos que contienen la asociación de una entidad con su clave pública, estos documentos están notarizados, es decir, los



firman agencias de confianza. Sería el equivalente a un notario, que es aquella persona en la que se supone confían distintas partes integrantes en un litigio. A estas agencias de confianza se las denomina Autoridades Certificadoras.(CA)

Contenido de un certificado.

Un certificado asocia una clave pública con la identidad real de una determinada persona, servidor o entidad conocida como el Subject. La información sobre el Subject incluye el Distinguished Name (información de identificación) y la clave pública. También incluye la identificación y la firma de la Autoridad Certificadora (CA) que ha emitido el certificado (o Issuer) y el periodo de validez del certificado. Opcionalmente puede tener información adicional o extensiones e información administrativa para el uso de la CA: versión, número de serie. (**Figura 6**)



Figura 6 Contenido de un certificado.

El distinguished name se define por el estándar X.509. Este estándar define los campos, los nombres de los campos, y las abreviaciones que se usan. Los campos son el Common Name (CN) que indica el nombre de la identidad a certificar, el Organization (O) cuyo contenido es la organización a la que pertenece la identidad, la Organizational Unit (OU) o departamento a la que pertenece la identidad certificada, Locality (L) o ciudad de la entidad. State/Province (SP) y Country (C) o país. (**Figura 7**).

Una CA puede definir una norma (o policy) especificando cuales de los campos anteriores son obligatorios y cuales opcionales. Un ejemplo habitual es que el navegador Netscape requiera que el CN que presenta un servidor tenga el nombre coincidente con el dominio que dice servir.

El formato binario de un certificado se define usando la notación ASN.1. Esta notación especifica los contenidos y las reglas de codificación definen como se traduce esta información a su formato binario.



Figura 7 Campos de un certificado.

La codificación binaria de un certificado se define usando Distinguished Encoding Rules (DER) que se basan en el más general Basic Encoding Rules (BER). Para aquellas transmisiones que no pueden ser en forma binaria se traducen a forma ASCII usando codificación en base64. Esta versión de codificación se denomina codificación PEM y es la que aparece entre las líneas — BEGIN CERTIFICATE — y — END CERTIFICATE —. (**Figura 8**)



Figura 8 Formato PEM de un certificado.

Autoridades Certificadoras

En un sistema criptográfico de clave pública cada usuario debe hacer accesible su clave pública a cualquiera que quiera establecer una comunicación con él. Esto podría conseguirse, por ejemplo, introduciéndola en una base de datos de libre acceso. El sistema expuesto, en cambio, presenta el problema que alguien suplante nuestra identidad mediante la modificación de dicha clave en la base de datos de libre acceso.

Para dificultar ese ataque los certificados deben estar certificados, o lo que es lo mismo, los certificados de cada usuario deben estar firmados por alguna Autoridad Certificadora (CA) con un sistema de firma digital de clave pública.

Cuando a una CA le llega una petición de certificación, esa CA debe verificar que la clave pública que se quiere certificar se corresponda con los datos personales.

Cuando se quiere establecer un protocolo criptográfico con alguien, se obtiene el certificado firmado por la CA y se verifica la firma de la CA.

Para hacer esto es preciso disponer del certificado de la CA para obtener su clave pública y poder verificar.

Asimismo, un certificado de una CA puede estar firmado por una CA de nivel superior. El sistema funciona sobre una estructura jerárquica de CAs.

Los certificados de más alto nivel deben ser conocidos por todos los usuarios sin que sea posible su engaño. Todo el mundo debe poder confiar en ellos. Los certificados de más alto nivel están autofirmados.

Estas empresas certificadoras son los emisores (Issuers) de los certificados y son las encargadas de administrarlos y mantenerlos. Los servicios que deben prestar son los siguientes:

- * Verificar las peticiones de certificados. Es decir, confirman que quien pide el certificado es quien dice ser que es.
- * Procesar peticiones de certificado. O lo que es lo mismo, realizar el certificado y firmarlo.

También es posible crear una CA propia, no firmada por ninguna CA de jerarquía superior, en la que un grupo cerrado de usuarios de internet confiará. Esta solución se adopta mayoritariamente para intranets y servicios corporativos.

Mantenimiento de Certificados

Hacer una CA requiere una sólida estructura de mantenimiento ya que no sólo deben emitirse certificados sino que también se debe determinar hasta cuando son válidos, se deben renovar al finalizar el periodo de validez y se debe mantener una lista de certificados revocados (en cualquier momento una entidad debe poder invalidar su propio certificado), a esta lista se la denomina CRL o Certification Revocation List.

4. RECONOCIMIENTO DE CERTIFICADOS POR PARTE DE NAVEGADORES Y ESTABLECIMIENTO DE UNA SESIÓN SEGURA SOBRE SSL.

Los navegadores de internet están configurados para confiar, por defecto, en algunas CAs como por ejemplo Verisign (**Figura 9**). Esta configuración por defecto es extremadamente importante porque implica que todas las entidades incluidas en nuestra lista de ACs válidas o firmates tienen la potestad de garantizar que un sitio es quien dice ser que es. Dicho de otra forma, si algún sitio malicioso consigue un certificado firmado (o garantizado) por cualquiera de las entidades incluidas en esa lista

nuestro navegador no tendrá forma de detectarlo y confiaremos en él, de forma que le enviremos toda la información que requiera pensando que está en buenas manos, cuando en realidad se hará un uso ilícito de ella.

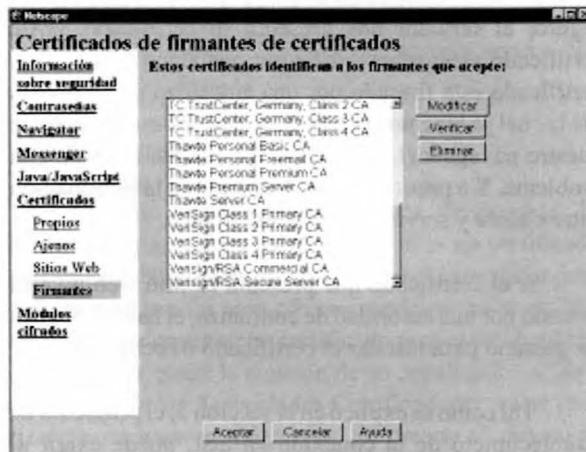


Figura 9 Lista de Autoridades de Certificación aceptadas por el browser.

Por este motivo es fundamental estar muy seguro de la legitimidad de una Autoridad Certificadora antes de incluirla en nuestro navegador.

Netscape usa un certificado del tipo x.509 que permite al servidor autenticarse frente a los clientes que realizan conexiones SSL.

Durante el protocolo de establecimiento de la conexión segura o Handshake SSL, el servidor presenta un certificado al cliente como garantía de quien dice ser que es. Este certificado está firmado por una Autoridad Certificadora CA. Si el navegador tiene en su base de datos el certificado del servidor o bien el certificado del servidor está firmado por una Autoridad Certificadora que conoce el navegador, el Handshake se finalizará correctamente. Es decir, se podrán poner de acuerdo en una clave de sesión y unos algoritmos criptográficos que usarán para establecer la conexión segura.

Netscape permite a los usuarios añadir nuevos certificados de confianza a su base de datos. Esta base de datos es accesible en todo momento al usuario de Netscape a través de del botón «Security» de la «barra de herramientas de navegación» (Figura 9).

En general, los navegadores pueden tratar dos tipos de certificados:

- * Un certificado de una Autoridad Certificadora, firmado por la misma autoridad certificadora y que la identifica. Este tipo de certificados se denomina «autofirmados». Si añadimos un certificado de este tipo a nuestra base de datos, cada vez que nos conectemos a un servidor (vía https://) que nos presente un certificado



firmado por dicha Autoridad Certificadora, el navegador confiará en el servidor.

* Un certificado de Site (sitio web). Es un certificado de servidor. Cuando un cliente se conecta a un servidor seguro, el servidor nos presenta su certificado. (Este certificado siempre está firmado por alguna CA). Si el certificado está firmado por una autoridad de confianza (de la cual ya tenemos su certificado en la base de datos de nuestro navegador), la conexión se realizará sin ningún problema. Y a partir de ese momento toda la información entre cliente y servidor viajará encriptada.

Si el certificado que presenta el sitio web no está firmado por una autoridad de confianza, el navegador nos irá guiando para instalar el certificado o rechazarlo.

Tal como se explicó en la sección 2, el protocolo de establecimiento de la conexión en SSL puede exigir al cliente que se identifique mediante un certificado, por este motivo nuestro navegador también debe disponer de certificados que garanticen nuestra identidad. (Figura 10)

5. INSTALACIÓN DE UN SERVIDOR SEGURO CON SOFTWARE DE LIBRE DISTRIBUCIÓN SOBRE PLATAFORMA LINUX.

Los programas y aplicaciones con código fuente de libre distribución son desarrolladas por voluntarios de todo el mundo que se comunican a través de internet. Estos programas y/o sistemas operativos son por lo general de una alta calidad ya que colaboran cientos e incluso miles de personas en su desarrollo, participando simplemente por afición. Cualquiera puede añadir sus valoraciones o implementaciones al programa.

Normalmente la mayoría de los programas desarrollados bajo este método se distribuyen bajo licencias denominadas BSD o GNU. Hay pocas diferencias entre ellas y tienen en común que se puede utilizar el código fuente para cualquier aplicación, ya sea comercial o no, sin coste alguno. Un análisis a fondo de este tipo de licencias se puede encontrar en la Free Software Foundation.

A la contra, el mayor problema que presentan dicho tipo de aplicaciones es que nadie responde de ellas. Es decir, cualquier empresa o particular es libre de obtener el código fuente y utilizarlo, ahora bien, si en algún momento el programa deja de funcionar correctamente, no existe ningún tipo de garantía.

Sistemas operativos de libre distribución.

Dentro del apartado de los sistemas operativos existen varios disponibles con el código fuente. Todos ellos son sistemas UNIX de los cuales, se puede encontrar dos posibilidades Linux y BSD.

Linux. Este popular Sistema operativo fue desarrollado originalmente por Linus Torvalds en la Universidad

de Helsinki, Finlandia, como un proyecto para una de las asignaturas de su carrera. Al poco tiempo de hacerlo público, entusiastas de todo el mundo se unieron al proyecto, y ahora este sistema operativo es uno de los más estables y eficientes del mercado. Funciona bajo CPUs Intel 80386 y superiores, Sun SPARC, Motorola 68000, PowerPC, MIPS, ARM y Digital Alpha. Se distribuye bajo la licencia de GNU.

BSD. Originalmente desarrollado en la universidad de California en Berkeley, EEUU es un sistema operativo altamente estable, del cual cabe destacar su subsistema de red TCP/IP que está considerado como uno de los mejores existentes. De BSD existen tres versiones gratuitas, FreeBSD , NetBSD y OpenBSD.

Programas de libre distribución para instalar un servidor web seguro.

Apache. Existen diversas implementaciones de servidores http (sin SSL) con código fuente de libre distribución, pero sin duda la más ampliamente aceptada es el Apache. Este servidor funciona bajo casi cualquier plataforma Unix y bajo Windows NT y copa aproximadamente un 53% de la cuota de mercado de los servidores WWW mundiales.

Sobre este servidor se desarrollaron originalmente unas extensiones para poder ser utilizado con SSL, y la implementación pasó a ser conocida como Apache-SSL. Basado en OpenSSL, este servidor proporciona perfectamente capacidades de SSL con http.

OpenSSL. OpenSSL es una librería de programación con código fuente de libre distribución que implementa y proporciona servicios de SSL. Esta librería proporciona tanto servicios de criptografía (cifrado por clave simétrica, clave pública, hashes, certificación X.509, etc) como servicios específicos sobre el protocolo SSL/TLS, como podría ser la manipulación automática de sockets on SSL.

OpenSSL también dispone de un programa llamado igual que la librería, para poder acceder a las funciones de las mismas sin tener que programar nada. Es decir, si por ejemplo se quiere generar un hash MD5 de un fichero, mediante este programa se puede. También se pueden generar claves RSA, crear certificados, cifrar por RC5, etc. Esta librería está basada en la librería SSLeay

ModSSL. A mediados de 1998, y debido a serias divergencias sobre el futuro desarrollo del proyecto Apache-SSL, Ralph Engelschall, uno de sus impulsores, decidió tomar el código hasta entonces creado y lanzar un nuevo proyecto basado en él, pero con amplias diferencias sobre nuevas metas y funcionamiento interno respecto a su predecesor Apache-SSL.

Este proyecto es conocido como mod_ssl y sorprendentemente ha dado como resultado un servidor

<https://bruce.upc.es/~ssade> de libre distribución altamente configurable, versátil y rápido. El código es muy limpio y está altamente documentado.

Pasos de la instalación.

A continuación se explican lo más detalladamente posible los pasos a seguir para conseguir prestar un servicio http seguro. Dicha instalación se probó sobre una distribución SuSE 7.0 y sus resultados se pueden encontrar en <https://bruce.upc.es/~ssade>. En todos los comandos el \$ significa el prompt del sistema y los parámetros en negrita las deberás sustituir por tus opciones. El carácter \ significa cambio de línea pero no de comando. Aunque para no sería necesario, para evitar problemas durante la instalación es aconsejable obtener permisos de root.

Conseguir los paquetes necesarios.

Bájate los fuentes de los paquetes Apache, mod_ssl y OpenSSL y descomprimélos en tu ordenador.

```
$ftp://ftp.apache.org/dist/\  
apache_1.3.12.tar.gz  
$ftp://ftp.modssl.org/source/\  
mod_ssl-2.6.4-1.3.12.tar.gz  
$ftp://ftp.openssl.org/source/\  
openssl-0.9.5a.tar.gz  
$ tar zxvf apache_1.3.12.tar.gz  
$ tar zxvf mod_ssl-2.6.4-1.3.12.tar.gz  
$ tar zxvf openssl-0.9.5a.tar.gz 2.
```

OpenSSL. Instala en tu sistema Linux el paquete OpenSSL para disponer en tu ordenador de las librerías criptográficas necesarias. Este paquete no sólo proporcionará a mod_ssl las librerías requeridas en el momento de la compilación del Apache parcheado sino que también permite realizar acciones propias de Autoridades Certificadoras, como por ejemplo emitir certificados, firmarlos,... El uso de estas funciones sería necesario si quisieramos un servidor seguro personalizado, creándonos nosotros mismos nuestro certificado. Este objetivo queda fuera del alcance de este artículo, de todas formas se remite al lector interesado a la documentación de la librería OpenSSL para resolver como se realizarían dichas acciones.

```
$ cd openssl-0.9.5a  
$ ./config -prefix=\  
/directorio/donde/quieres/los/ejecutables  
$ make  
$ make install  
$ cd ..  
$ export PATH=$PATH:\  
/directorio/de/los/ejecutables/bin  
ModSSL. Parchea el código fuente de Apache con la extensión ModSSL.  
$ cd mod_ssl-2.6.4-1.3.12  
$ ./configure \  
$ ./configure --with-apache=../apache_1.3.12 \  
--with-ssl=../openssl-0.9.5a \  
--prefix=\  
/directorio/donde/quieres/los/ejecutables
```

```
--with-apache=../apache_1.3.12 \  
--with-ssl=../openssl-0.9.5a \  
--prefix=\  
/directorio/donde/quieres/los/ejecutables
```

Apache. Compila e instala el paquete apache con los parches de seguridad de mod_ssl.

```
$ cd ..  
$ cd apache_1.3.12  
$ make
```

Crea un certificado de servidor de pruebas. El certificado que se crea con esta acción es un certificado únicamente válido para poder arrancar el navegador pero difícilmente servirá para ofrecer servicios reales de http seguro. Para conseguir un certificado propio válido tienes dos opciones: pedir la emisión de un certificado válido a cualquiera de las Autoridades Certificadoras reales (por ejemplo en www.verisign.com) o crearte tú mismo tu propio certificado mediante la librería OpenSSL.

```
$ make certificate  
$ make install
```

Borra los ficheros temporales de compilación (opcional)

```
$ rm -rf apache_1.3.12  
$ rm -rf mod_ssl-2.6.4-1.3.12  
$ rm -rf openssl-0.9.5a  
Ejecuta tu SSL-aware Apache y pruébalo  
$ ./directorio/ejecutables/bin/httpd -DSSL  
$ netscape https://nombre.de.tu.servidor.
```

Si todo ha funcionado correctamente deberías ver la página de pruebas del servidor Apache.

REFERENCIAS.

Camps, P. Análisis y desarrollo de un entorno de seguridad sobre plataformas de libre distribución. PFC UPC 2000

Pastor, J. Sarasa, M.A. Criptografía digital. Fundamentos y Aplicaciones. Colección textos docentes. Publicaciones Universitarias Zaragoza.

Schneier, B. Applied Cryptography Protocols, Algorithms and Source Code in C John Wiley & Sons, Inc 1994

REFERENCIAS A HIPERVÍNCULOS.

<http://www.apache.org>
<http://www.freebsd.org>
<http://www.gnu.org>
<http://www.linux.org>
<http://www.modssl.org>
<http://www.netbsd.org>
<http://www.netcraft.org>
<http://www.openbsd.org>
<http://www.openssl.org>
<http://www.ssleay.org>
<https://bruce.upc.es/~ssade>





DESARROLLO DE APLICACIONES DE TRABAJO COOPERATIVO MEDIANTE JAVA Y LA WWW

Carlos Ley, Alvaro Suárez

GAC (Grupo de Arquitectura y Concurrencia)

Departamento de Ingeniería Telemática, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

E-mail: {alvaro, cley}@cic.teleco.ulpgc.es

En los últimos años la potencia de proceso de los ordenadores personales y las estaciones de trabajo ha experimentado un considerable incremento, que ha venido además acompañado de un aumento - en cantidad y calidad - de las redes de comunicación de datos utilizadas para la interconexión de los mismos. Todo ello ha traído consigo la aparición de un nuevo tipo de aplicaciones, diseñadas para facilitar la cooperación entre usuarios que colaboren en una tarea con el fin de alcanzar un objetivo común. Por otro lado, el continuo auge que la red Internet viene experimentando ha ocasionado aparición de nuevas tecnologías y aplicaciones, entre las que brilla con luz propia la World Wide Web. En consecuencia, en la actualidad se viene planteando cada vez más la realización de aplicaciones para trabajo cooperativo basadas en la WWW, dadas las ventajas que ésta puede aportar. En este artículo, presentamos los principales aspectos de un modelo de aplicación de trabajo cooperativo basada en la WWW, haciendo énfasis en dos aspectos fundamentales en el mismo: el control de concurrencia y la forma de acceso a la información compartida. Finalizamos el artículo presentando una aplicación para edición cooperativa de documentos de texto, desarrollada para evaluar y verificar en la práctica las ideas en que se basa nuestro modelo.

1. INTRODUCCIÓN

El término «Trabajo Cooperativo Asistido por Computador» viene utilizándose desde hace ya algunos años para designar a las aplicaciones que facilitan la realización de un trabajo en común a un grupo de usuarios, que comparten un mismo objetivo. A este tipo de aplicaciones se las conoce normalmente por las siglas CSCW, acrónimo de la expresión inglesa Computer Supported Cooperative Work [Kup98].

También se suele utilizar el término Groupware, aplicado a los sistemas basados en computador que proporcionan - a un grupo de usuarios - una interfaz de acceso a un entorno compartido. En general, el término Groupware se utiliza más para definir a los propios sistemas basados en computador, mientras que el término CSCW engloba tanto el estudio de las aplicaciones Groupware como las implicaciones psicológicas, sociales y de organización que se desprenden de su uso.

Como ejemplos ilustrativos de aplicaciones CSCW podemos citar a los sistemas de videoconferencia para múltiples participantes, los foros de discusión, los juegos para múltiples jugadores, y las aplicaciones cooperativas que permiten la edición de gráficos o documentos de forma compartida. Como puede verse, el campo abarcado por estas aplicaciones es muy amplio, lo cual se refleja en el gran número de ellas que han sido o están siendo desarrolladas.

En los últimos años, muchas de las tendencias experimentadas por la tecnología de los computadores y las formas de organización empresarial han potenciado el auge de los sistemas CSCW. En primer lugar, los sistemas de computación vienen experimentando un cambio en su estructura, que está evolucionando de un modelo puramente centralizado - basado en unidades centrales de gran capacidad de proceso - a un modelo más distribuido, basado en grupos interconectados de estaciones de trabajo y/o computadores personales.

Se está produciendo una diseminación de la capacidad de procesamiento en los sistemas actuales, cuyos elementos aparecen interconectados mediante redes de computadores, que pueden abarcar desde un área geográfica local (redes LAN) hasta áreas de amplia extensión (redes WAN).

Por otro lado, las actuales tendencias en las formas de organización empresarial representan también un factor importante en el auge de los sistemas CSCW. En la actualidad, las organizaciones empresariales se encuentran cada vez más distribuidas, y no sólo en cuanto a diversidad en ubicaciones geográficas, sino en sus formas de interrelación y colaboración con otros individuos y organizaciones.

Si analizamos las características de los sistemas CSCW nos encontraremos con una gran diversidad de aspectos a tener en cuenta. Así, podemos considerar cuestiones relativas a la forma de interacción entre los usuarios, como son la conciencia de grupo, la comunicación, y la forma de coordinación entre los mismos durante

la realización del trabajo en común. Pero no menos importantes son los aspectos propios del diseño de las aplicaciones, como el control de concurrencia, y el acceso a la información que se maneja de forma compartida entre los usuarios.

Habitualmente se suele establecer una clasificación de los sistemas CSCW, según cómo se materialice la cooperación entre sus usuarios en el tiempo o en el espacio. Así, podemos establecer cuatro grandes categorías de clasificación: sistemas síncronos (que permiten la cooperación simultánea) asíncronos (en los que la cooperación se realiza en momentos diferentes) cara a cara (cooperación en el mismo lugar) y distribuidos (en lugares diferentes).

Una característica habitual en muchos de los sistemas CSCW desarrollados hasta la fecha es el hecho de ser concebidos como prototipos de laboratorio, con un ámbito de utilización más bien restringido. Esta característica puede representar un inconveniente si pensamos en la aplicación de tales sistemas para la colaboración de usuarios geográficamente muy dispersos. En tales sistemas, supone una clara ventaja el hecho de que sean desarrollados utilizando tecnologías y plataformas que disfruten de una amplia implantación.

En la actualidad, es indudable que entre tales tecnologías se encuentra la WWW (World Wide Web), cuyas extensas posibilidades se ven aún más ampliadas gracias al uso del lenguaje de programación Java, con el que podemos realizar fácilmente una gran variedad de aplicaciones capaces de funcionar integradas con la WWW.

En el resto de este artículo expondremos las principales ideas que hemos desarrollado para el diseño de un modelo de aplicación CSCW, basada en la WWW [Ben97] y desarrollada en el lenguaje de programación Java

2. LA WWW COMO PLATAFORMA PARA APLICACIONES CSCW

Una característica de la WWW que la hace muy adecuada para nuestros fines es el hecho de que ésta posee una arquitectura cliente-servidor relativamente simple, con programas clientes - navegadores - disponibles para las plataformas y sistemas operativos más comunes (Windows, UNIX, Linux, etc.). Al mismo tiempo, también es destacable el hecho de que existe una amplia diversidad de programas servidores WWW para dichas plataformas.

Si a todo esto añadimos la inherente capacidad de ejecución multiplataforma de las aplicaciones realizadas en el lenguaje Java, podemos concluir que gracias a la WWW y al lenguaje Java disponemos de un entorno de desarrollo adecuado para la implantación de aplicaciones CSCW que puedan ejecutarse en sistemas heterogéneos,

interconectados a través de redes de computadores diversas.

Sin embargo, hay también aspectos de la arquitectura cliente-servidor de la WWW que pueden condicionar o limitar el funcionamiento de nuestras aplicaciones CSCW. En primer lugar, consideremos la forma en que se realiza el intercambio de datos entre el cliente y el servidor. Dicha comunicación se realiza principalmente a través del protocolo HTTP (HyperText Transfer Protocol), en el que las comunicaciones entre cliente y servidor se inician normalmente a partir de un mensaje (una solicitud HTTP) enviado por el cliente, a la cual contesta el servidor (con una respuesta HTTP).

El hecho de que el servidor en una aplicación CSCW no pueda iniciar las comunicaciones con los clientes supone una clara limitación, que incidirá especialmente en la forma en que los clientes sean informados acerca de los cambios que se realicen en la información compartida que se encuentre almacenada en el servidor.

Otro aspecto de la WWW a considerar es su arquitectura, en la que se considera normalmente un único servidor que centraliza las peticiones de los clientes. Esto hace que las aplicaciones CSCW basadas en la WWW sean potencialmente vulnerables frente a los posibles fallos en el funcionamiento del servidor. En definitiva, al plantearnos utilizar la WWW como plataforma sobre la que desarrollar nuestras aplicaciones CSCW, hay que considerar en qué forma afectan sus diferentes características a la aplicación CSCW que pretendamos diseñar.

3. PRINCIPIOS DE DISEÑO DE UNA APLICACIÓN CSCW BASADA EN LA WWW

En este apartado expondremos las principales características que nos hemos planteado para el diseño de una aplicación CSCW, basada en la WWW y desarrollada en Java. Nos centraremos sobre todo en dos aspectos fundamentales para las aplicaciones CSCW: el control de concurrencia y la forma de acceso a la información compartida, susceptible de ser accedida concurrentemente por múltiples usuarios para consulta y/o modificación.

En nuestro modelo de aplicación CSCW, el servidor es el encargado de almacenar la información compartida, y controlar los accesos concurrentes de los clientes a la misma. La información que se maneja de forma compartida en nuestro modelo tiene la característica estar organizada jerárquicamente, de forma que el servidor se emplean estructuras de datos en árbol para el control de acceso a la misma. Como ejemplo ilustrativo, pensemos en cómo representar un feto humano mediante una estructura en forma de árbol. Podríamos representar cada una de sus partes principales (cabeza, piernas, brazos, etc.) con un nodo del árbol, situado bajo su raíz (en el nivel más alto de la jerarquía).



A un nivel inferior, pueden situarse otros nodos que representen las secciones de cada parte principal del feto (la cabeza tendrá los ojos, la nariz, la boca, etc.) y así sucesivamente. Trabajando en un entorno de programación orientado a objetos, diseñamos cada elemento (o nodo de cada árbol) como un objeto, que representa a una parte de la información compartida y con el que se supervisan los accesos concurrentes que se realizan sobre la misma.

Pero el servidor no es sólo responsable de la gestión de las estructuras de control de acceso, sino también de la propia información compartida. Para garantizar la integridad de la misma, el servidor ha de sincronizar las operaciones de lectura/escritura que se realicen sobre dicha información, como consecuencia de las peticiones de acceso a la misma que se reciban desde los clientes.

Para permitir la realización de modificaciones sobre la información compartida, nuestro modelo emplea un sistema mediante el que los usuarios pueden bloquear el acceso a determinadas partes de dicha información. Para ello, los usuarios solicitan al servidor la reserva de las partes de información compartida que desean modificar.

Las solicitudes de reserva se reciben en el servidor procedentes de los clientes, y generadas a requerimiento de los usuarios que desean modificar partes de la información compartida. Al recibir una solicitud de reserva, el servidor comprueba en primer lugar si el usuario solicitante posee los derechos adecuados para acceder a la información requerida. Si es así y la información solicitada no se encuentra reservada, se modifica el estado de los nodos del árbol afectados - que pasarán a la condición de reservados - y se notifica al cliente sobre el resultado de su solicitud.

Desde el momento en que el cliente recibe esta confirmación, el usuario puede modificar las partes de la información compartida que ha reservado. Para ello se transfieren del servidor al cliente los datos reservados, modificándose los mismos de forma local en el cliente. Cuando el usuario ha realizado las modificaciones, envía los nuevos datos al servidor, el cual actualiza con ellos la información compartida. El proceso termina cuando el usuario libera la información compartida que ha reservado. Las etapas básicas del proceso de reserva y modificación de la información compartida se resumen en la Figura 1.

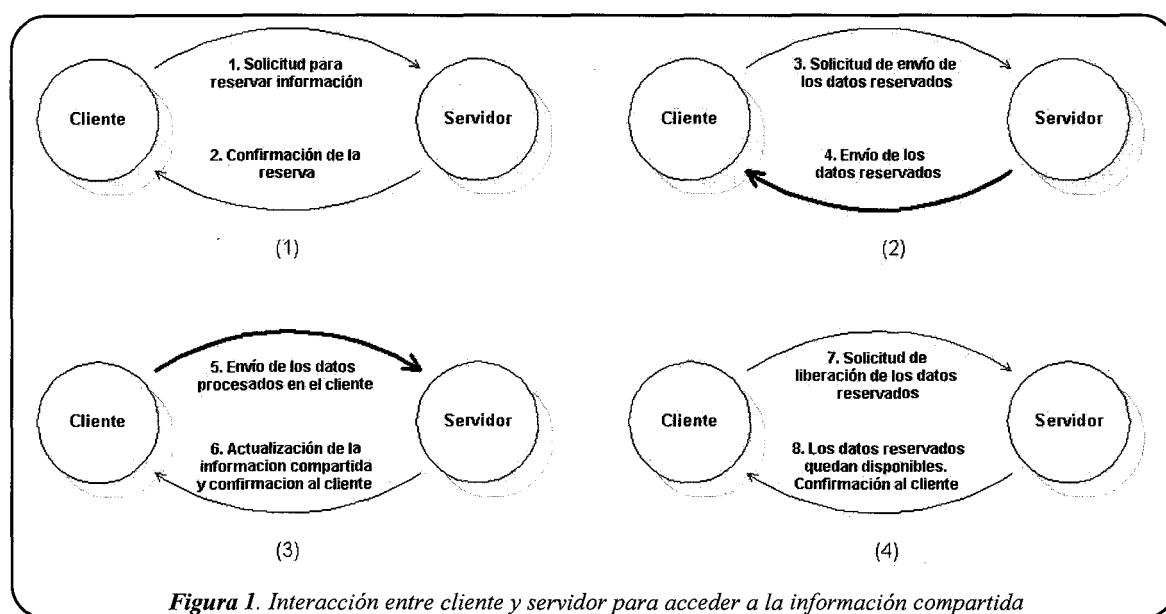


Figura 1. Interacción entre cliente y servidor para acceder a la información compartida

Una reserva hecha en el servidor hace que éste bloquee el acceso a la información reservada, de forma que nadie - excepto el usuario propietario de la reserva - pueda realizar modificaciones sobre la misma.

Siguiendo con nuestro anterior ejemplo, se podría obtener acceso exclusivo para modificar toda la información de un feto humano reservando todos los nodos de su estructura, desde el nodo raíz hasta el último nivel en su jerarquía. También sería posible bloquear solamente la información correspondiente a la cabeza, tronco, u otras partes, solicitando la reserva de los correspondientes nodos en la estructura del árbol.

Debido a la limitación ya indicada en la comunicación cliente-servidor - que imposibilita que el servidor pueda enviar mensajes a los clientes sin un requerimiento previo de éstos - hemos previsto un mecanismo de propagación asíncrono para notificar los cambios en la información compartida. Así, cuando un usuario desea conocer los cambios realizados sobre la información compartida debe solicitarlo al servidor, el cual procede entonces a enviar al cliente la información actualizada.

También hemos previsto mecanismos de supervisión de las reservas realizadas en el servidor, con el fin de afrontar los fallos que puedan surgir durante el funcionamiento de la aplicación, evitando que la información

reservada quede bloqueada permanentemente si se pierde la comunicación entre el servidor y los clientes que hayan efectuado reservas. Al mismo tiempo, hemos dotado al cliente con capacidad de almacenamiento local como medida de prevención ante posibles fallos en la comunicación de éste con el servidor.

El modelo de aplicación CSCW que proponemos se aplica con éxito en un gran número de aplicaciones. Como ejemplo, supongamos una herramienta cooperativa para desarrollo de software, en la que cada estructura en árbol del servidor puede representar un proyecto software. Dentro de cada árbol, sus nodos pueden representar diferentes partes dentro de la jerarquía de un proyecto: subproyectos, módulos, y así hasta bajar a los archivos de código fuente. En tal entorno de desarrollo los usuarios podrían editar, compilar y verificar concurrentemente diferentes partes de un mismo proyecto software.

Otro ejemplo podría ser una aplicación de gestión y edición cooperativa de documentos de texto. En este caso cada estructura en árbol representará un conjunto de documentos de texto organizados jerárquicamente, que pueden ser editados concurrentemente. Este segundo ejemplo ha sido precisamente el tipo de aplicación que hemos desarrollado como primer intento de transformación de nuestro modelo en una aplicación real, y que describiremos en los siguientes apartados.

4. UNA APLICACIÓN DE EJEMPLO: UN EDITOR COOPERATIVO PARA DOCUMENTOS DE TEXTO

La aplicación de edición cooperativa de documentos de texto que aquí presentamos ha sido desarrollada para poner en práctica nuestras ideas para el diseño de una aplicación CSCW, basada en la WWW y desarrollada en Java. Conforme ha las ideas que hemos expuesto en nuestro modelo, el servidor almacena y controla el acceso a los documentos, que son editados de forma compartida entre los clientes. Cada uno de los archivos de texto almacenados y controlados por el servidor tiene asociado un objeto, que denominamos objeto documento, y que contiene los datos necesarios para el control de acceso al mismo por parte de los clientes.

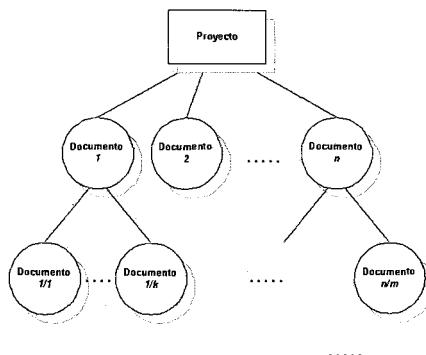


Figura 2. Estructura jerárquica de documentos

Estos objetos documento están organizados de forma jerárquica, y constituyen los nodos de las estructuras en árbol que el servidor utiliza para realizar el control de acceso a la información compartida. Las estructuras en árbol que contienen los objetos documento reciben en esta aplicación la denominación de proyectos. De esta forma, los objetos documento pertenecientes a un proyecto representan sus archivos de texto. La organización descrita de proyectos y documentos se ilustra en la Figura 2.

Por medio de un sistema de reservas, basado en los principios que ya hemos indicado, los usuarios modifican en exclusión mutua la información contenida en los archivos de texto del servidor. Pueden realizarse reservas a distintos niveles dentro de la jerarquía en que está organizada la información:

- A nivel de proyecto: se reservan todos los archivos de texto cuyos objetos documento están incluidos en el árbol de un determinado proyecto.
- A nivel de documento: reservando a discreción los objetos documento correspondientes a los archivos deseados.
- A nivel de partes de un documento: se reservan fragmentos de texto dentro de un archivo de un documento.

Siguiendo el modelo de aplicación CSCW propuesto, hemos utilizado el lenguaje Java para desarrollar nuestro programa cliente, que tiene la capacidad de funcionar como un Applet - ejecutado desde un navegador WWW estándar - o como una aplicación Java independiente. Por su parte, el programa servidor ha sido desarrollado como un Servlet [Sun00] (un Servlet es un programa Java que se ejecuta integrado con un servidor WWW).

En la Figura 3 se resumen la arquitectura básica de nuestra aplicación, con sus principales elementos y las relaciones básicas entre los mismos.

La ventana principal del cliente se muestra en Figura 4. En el panel izquierdo de la misma podemos ver la lista de proyectos existentes en el servidor, mientras que en el panel derecho se muestran los nodos del árbol de los documentos pertenecientes al proyecto seleccionado.

El color de los iconos que representan los documentos varía según el estado de los mismos (disponible,

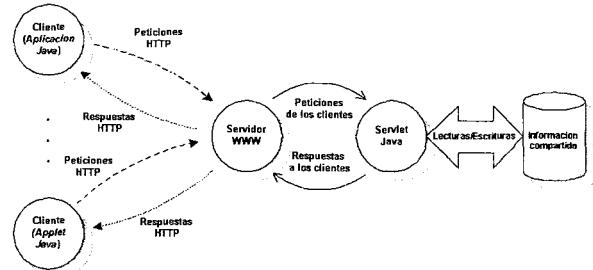


Figura 3. Componentes de la aplicación desarrollada



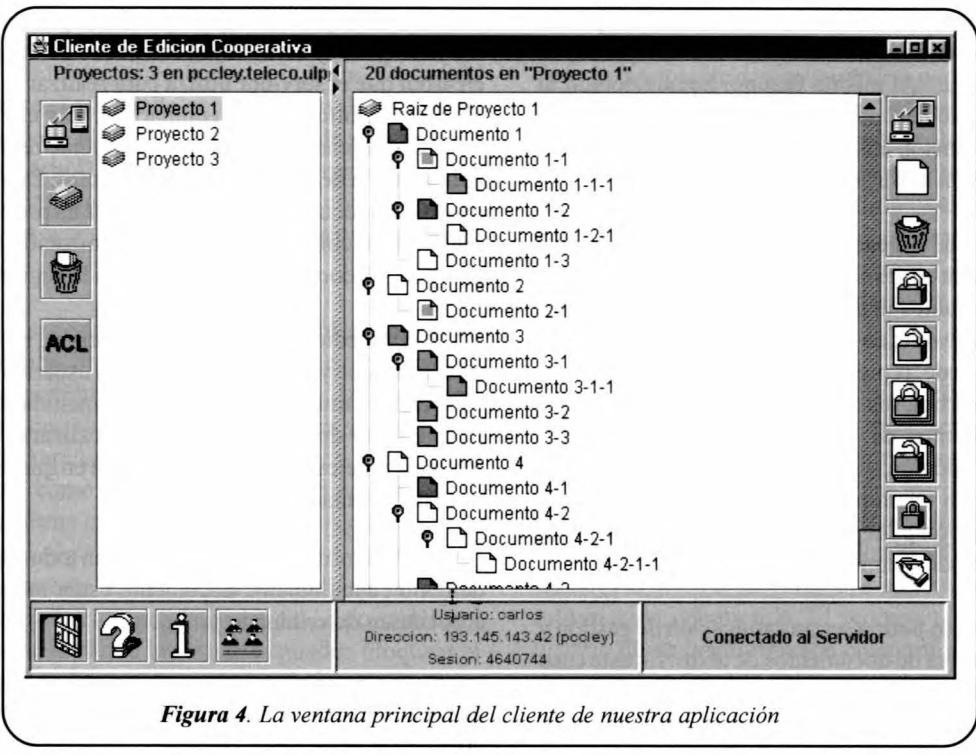


Figura 4. La ventana principal del cliente de nuestra aplicación

reservado total o parcialmente, etc.). A través de la ventana principal del cliente los usuarios pueden realizar diversas acciones básicas sobre los proyectos y sus documentos (crear, borrar, reservar, editar, liberar, etc.).

En la figura 5 se muestra la ventana de reservas, a través de la cual el usuario puede reservar fragmentos de texto dentro de un documento. Para editar una parte del texto de un documento hay que seleccionar el área de texto deseada y realizar la solicitud de reserva al servidor. Las partes de texto del archivo que se encuentran ya reservadas se muestran en caracteres de color rojo, además, el usuario puede obtener información sobre las reservas existentes y los usuarios que las han realizado. Desde el momento en que el servidor acepta una reserva - hecha sobre un documento o una parte del mismo - el texto reservado es editado en una ventana específica para la edición de dicho texto en el cliente.

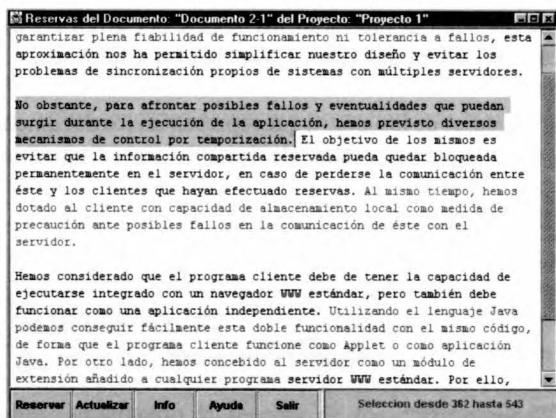


Figura 5. Ventana de reserva de partes del texto de un documento

5. CONCLUSIONES

El uso de la WWW y el lenguaje de programación Java aporta indudables ventajas para el desarrollo de aplicaciones para trabajo cooperativo. Y estas ventajas son aun más evidentes cuando se trata de aplicaciones CSCW diseñadas para la cooperación entre usuarios que utilizan sistemas de computación heterogéneos, y se encuentran distribuidos en áreas geográficas dispersas.

En este artículo hemos presentado un modelo de aplicación CSCW con arquitectura cliente-servidor, basada en la WWW y desarrollada en Java. Hemos descrito sus principales características, incidiendo sobre todo en los mecanismos que se emplean para realizar el control de concurrencia y el acceso a la información compartida. En nuestro modelo, dicha información compartida se caracteriza por tener una estructura jerárquica, estructura que puede aplicarse con éxito en una diversidad de aplicaciones.

Para finalizar, presentamos una aplicación de ejemplo desarrollada para poner en práctica los principales aspectos de nuestro modelo, aplicados a la edición cooperativa de documentos de texto.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [Kup98] E. Kupstas Soo. «CSCW on the Web» <http://www.cs.unc.edu/~kupstas/cscw.html>. 1998.
- [Ben97] R. Bentley, T. Horstman, J. Trevor. «The World Wide Web as enabling technology for CSCW: The case of BSCW». The Journal of Collaborative Computing: Special issue on CSCW and the Web, 2-3, 1997.
- [Sun00] Sun Microsystems. «Java Servlet API» <http://java.sun.com/products/servlet/index.html>. Febrero 2000