

# EDITORIAL

*Hace cinco millones de años, una nueva especie pobló un planeta más joven que el nuestro. Al ir a dos patas y gracias casi a los caprichos de la genética, esta nueva especie se impondría a las demás por su capacidad de reflexión, su inteligencia y su conciencia de «ser».*

*A partir de ahí, la ingeniería liberó al hombre de ciertos trabajos pesados y repetitivos dejándole más tiempo para otras tareas. Así nacieron el arte, la política, la ciencia y la filosofía. Nuestro «Homo» podía hacer mucho más que meramente subsistir.*

*El progreso de la técnica, debido a la especialización ilimitada, creó nuevos Dioses (la diosa Técnica y el dios Dinero que todo lo resuelven) y Sociedades (la Tecnópolis) que a menudo viven de espaldas a las «necesidades reales» del «pueblo» y la ecología.*

*Pero mientras tanto, ¿qué hacía el progreso Humano?, ¿dónde estaba nuestro «hombre-humano» en el devenir de la historia?. Guerras, pestes, hambrunas y prohibiciones se alternarían con períodos de tolerancia y paz. Apenas presentaría una gráfica constante frente al crecimiento exponencial del «hombre-técnico».*

*Algo está fallando aquí: el sistema nos crea unas «necesidades» que nuestro hombre no entiende ni asimila. En realidad, lo necesario es sólo un poco de tiempo para pensar bien las prioridades de la vida y de ese modo permitir un diálogo verdadero entre todas las materias sin menospreciar ni deificar a ninguna de ellas en un intento de concordia.*

*¿Por qué no aprendemos de nuevo a buscar la Felicidad verdadera?. Aquella que brindan los pequeños detalles. La misma que por sencilla, humilde y serena se desdena. ¡pero es, en cambio tan bella!. Surge de las profundidades más recónditas del alma humana; se codea con el horizonte, se recrea en la harmonía y juguetona alcanza el infinito porque jamás tendrá fin. Una sonrisa, un paisaje, el rumor lejano de un torrente recién nacido, un cielo de un azul intenso, un océano inmenso, el silencio eterno...*

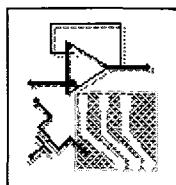
*Y es que es preciso más respeto, más comprensión mútua y un serio intento de aunar esfuerzos el verdadero camino que sin duda, nos llevaría a construir una Paz verdadera y un planeta sostenible y más equilibrado.*

*Es en dicho intento, donde se halla esta revista a modo de pequeña gota de agua que espera no secarse en el desierto. Además creemos en la Solidaridad y pensamos que ésta junto con el trabajo en grupo, son armas de paz válidas para luchar contra la frialdad de un sistema agresivo y competitivo que negándole al hombre su ansia de espiritualidad lo está limitando. Es por ello que queremos contagiaros un poco de nuestra utopía y con ello animaros a crear de veras un mundo más «intercomunicado» que nos permita compartir La Tierra.*

## BURAN EN INTERNET

La difusión de materias relacionadas con las telecomunicaciones, la informática y la ingeniería en general ha sido el primer objetivo de BURAN desde su nacimiento en marzo de 1993. Ahora las Ramas de Estudiantes del IEEE dan un paso más, incorporando la revista en sus páginas de Web. En las direcciones que indicamos se pueden consultar los últimos números de la revista en su versión electrónica, así como información acerca de las Ramas de Estudiantes y del IEEE:

<http://citel.upc.es/users/ieee>  
<http://citel.upc.es/users/buran>  
<http://www.ieeesb.etsit.upm.es>



# ELECTRÓNICA Y ELECTROCARDIOGRAFÍA

Manuel Vargas Drechsler

**E**n el Laboratorio de Instrumentación y Bioingeniería del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC se realizan diversas investigaciones encaminadas a aplicar la Electrónica a la Medicina, y por tanto a contribuir a la mejora de la salud. Podéis encontrar una descripción de las distintas líneas de investigación en las páginas web de internet en la dirección

<http://petrus.upc.es/~wwwdib/homepagesp.html>

Aquí nos centraremos en la línea de investigación de señales bioeléctricas, pues es en la que estoy realizando mi trabajo de investigación. En esta línea investigan los profesores Ramón Pallás (que dirige la investigación), Mireya Fernández, Juan Ramos, Miguel Ángel García y un servidor. Actualmente tenemos también con nosotros a dos becarios que están realizando su tesis doctoral: Ángel Regueiro de Cuba y Carlos Alvarado de Méjico. Asimismo, se han realizado y se siguen realizando numerosos proyectos fin de carrera en esta línea.

Los objetivos de esta línea de investigación son el diseño y desarrollo de sistemas de adquisición y procesamiento de señales bioeléctricas: sistemas multicanal y de alta resolución, monitorización ambulatoria, reducción del ruido e interferencias, análisis de señales no estacionarias, reconocimiento de ondas, análisis de

la variabilidad del ritmo cardíaco y procesamiento de señales en tiempo real.

En concreto se ha diseñado, entre otros equipos, un sistema de adquisición y procesamiento de señales para electrocardiografía de alta resolución de 16 canales. La etapa frontal tiene una nueva topología que mejora el CMRR en 15 dB a 50 Hz. El ruido de esta etapa se ha estudiado con detalle y ello ha llevado a un resultado importante: las resistencias de valor elevado no siempre incrementan el ruido a la salida de los circuitos electrónicos.

Los planes para el futuro se orientan hacia el estudio de los accidentes cardiovasculares. Esto incluye el análisis de nuevos indicadores del riesgo de muerte cardíaca súbita, la aplicación de nuevos indicadores para la medida de la presión sanguínea, el análisis de la variabilidad del ritmo cardíaco y el análisis de la variabilidad de los distintos segmentos del electrocardiograma.

Se pasa ahora a describir el resultado más interesante que he obtenido durante la realización de mi tesis doctoral. Antes introduciré brevemente el tema.

**Medicina, Ingeniería y Bioingeniería** (Valentinuzzi, 1988)

Existe acuerdo en que la Bioingeniería estudia y busca la aplicación de principios y métodos de las Ciencias Exactas, en general, y de la Ingeniería, en particular, a la solución de problemas de las Ciencias Biológicas y Médicas. La Ingeniería trata de mejorar, mantener y restablecer el bienestar humano aplicando

conocimientos de las Ciencias Exactas. La Medicina trata de mejorar, mantener y restablecer la salud humana (que es el primer bienestar) aplicando conocimientos de las Ciencias Biológicas. Dada la similitud y el paralelismo de ambos objetivos, no debe extrañar que las dos actividades aún esfuerzos para cumplir el objetivo de la Medicina. Surge así, por lo menos, una parte de la Bioingeniería.

**Electrocardiografía** (Pallás, 1988)

El electrocardiograma (ECG o EKG) es el registro de la actividad eléctrica del corazón medida normalmente entre dos puntos de la superficie del cuerpo. Al ser la actividad de las cámaras cardíacas rítmica y totalmente ordenada, la forma de onda obtenida es regular. En ella se reconocen fácilmente diversas ondas cuyas amplitudes, duraciones y morfología están bien definidas (figura 1).

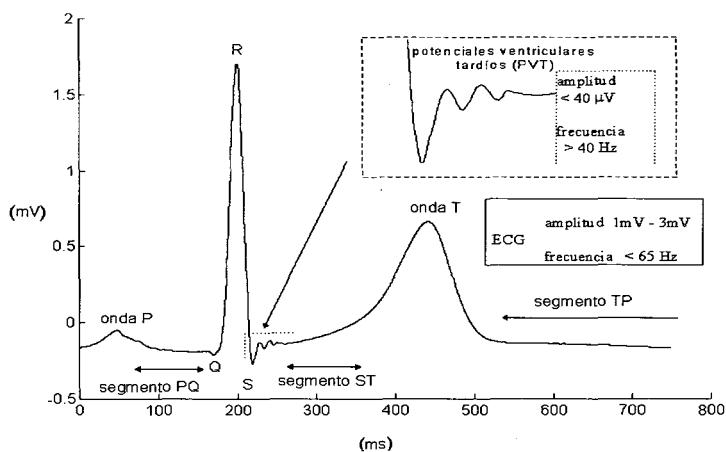
En secuencia temporal las distintas ondas reciben el nombre de P, Q, R, S, T y U. La onda P se debe a la despolarización de la musculatura de las aurículas. Las ondas Q, R y S, que forman el llamado complejo QRS, se deben a la repolarización de las aurículas y a la despolarización de los ventrículos. La onda T se debe a la repolarización de los ventrículos. La onda U, a menudo no observable, se debe a potenciales residuales del músculo ventricular y a la repolarización lenta de los músculos papilares.

**Electrocardiografía de alta resolución**

La electrocardiografía de alta resolución se utiliza para detectar señales de pequeña amplitud, los de-

MANUEL VARGAS DRECHSLER es Doctor Ingeniero de Telecomunicación por la UPC. Actualmente es profesor asociado del Departamento de Ingeniería Electrónica de la UPC, en donde ha impartido docencia de diversas asignaturas.





**Figura 1.-** Electrocardiograma (ECG) típico con la localización de las diversas ondas y segmentos. Se incluye la localización de los potenciales ventriculares tardíos (PVT), dando los márgenes de amplitud y frecuencia.

nominados micropotenciales cardíacos, que no son observables en el ECG estándar. El método más común de mejora de la relación señal a ruido es el promediado de señal. Ha habido numerosas aplicaciones de esta técnica como los registros del sistema de His-Purkinje y el análisis de los potenciales ventriculares tardíos. El análisis de estos potenciales tiene una gran importancia clínica. Describiremos estos potenciales en el siguiente apartado.

### Potenciales ventriculares tardíos

Los potenciales ventriculares tardíos son unos potenciales de alta frecuencia y pequeña amplitud que se encuentran en la porción terminal del complejo QRS y en el segmento ST (figura 1). Se atribuyen a la despolarización fragmentada en los bordes de la zona cicatrizada del miocardio. La conducción retardada y la reentrada de la onda de despolarización en el tejido fibroso del borde de la zona, en conjunción con un bloqueo unidireccional, dan lugar a un sustrato arritmogénico formado por circuitos reentrantes que se cree son la causa de ciertas taquicardias ventriculares y de muerte súbita cardíaca.

A pesar de haber recibido escasa atención, el análisis del ruido en el ECG es de suma importancia. Sólo a través de un cuidadoso estudio de sus

características se puede llegar a filtrar el ruido suficientemente para poder detectar e interpretar fiablemente los micropotenciales cardíacos por vía no invasiva, de tanta importancia en el diagnóstico clínico. Las fuentes principales de ruido en el ECG son: el ruido fisiológico, la interferencia de la red de distribución eléctrica, el ruido electrónico del sistema de adquisición, y el ruido de la interfaz electrodo-piel. El ruido fisiológico es debido en su mayor parte a los potenciales generados por los músculos torácicos durante la respiración. El ruido de red (50 Hz y armónicos) es periódico y puede alcanzar gran amplitud, aun tomando precauciones para reducirlo. El ruido electrónico es debido a los dispositivos activos y a las resistencias utilizadas en el sistema

El objetivo principal de mi tesis doctoral ha sido el análisis y la reducción del ruido en la electrocardiografía de alta resolución con el propósito de mejorar la detección de los potenciales ventriculares tardíos. La hipótesis era que un cuidadoso análisis del ruido y de las técnicas empleadas actualmente para su reducción permitiría proponer mejoras a dichas técnicas.

### Ruido en el sistema electrónico

Entre las diversas fuentes de ruido en el ECG se encuentra el ruido

electrónico debido al sistema de adquisición. Habitualmente se creía que en el diseño de circuitos electrónicos debían evitarse siempre resistencias de valor elevado debido a que introducían mayor ruido. Hemos demostrado que esto no es así. En ciertos casos puede ser conveniente utilizar resistencias de valor más elevado para tener menos ruido. Precisamente la etapa de entrada de los electrocardiografos utilizados es uno de estos casos. El aumento del valor de las resistencias no sólo permite disminuir el ruido, sino también las interferencias en modo común, debido a la mayor impedancia de entrada que se logra. Por supuesto, los resultados obtenidos no son sólo de interés en la detección de potenciales ventriculares tardíos, sino que deberán tenerse en cuenta siempre que se deseé diseñar circuitos electrónicos de bajo ruido.

### Conclusiones

Por lo que se ha descrito anteriormente podemos darnos cuenta de aún queda mucho por descubrir en la Ciencia y que afirmaciones que se tienen por ciertas no resisten un análisis serio. El lector puede pensar que es difícil llegar a descubrir nuevas verdades, pero esto no es así. Estamos seguros de que cualquiera de los lectores puede llegar a obtener resultados tanto o más interesantes que los descritos. Lo único que hace falta es dedicarle el tiempo suficiente. Prometo dar más detalles de cómo llegar a descubrir nuevas verdades científicas en otro artículo.

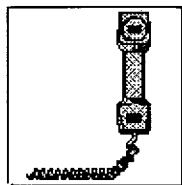
### Agradecimiento

Agradezco al Dr. Ramón Pallás Areny la revisión del original y los acertados comentarios realizados.

### Referencias

R. PALLÁS: *Medidas en el sistema cardiovascular*, 1988. En J. MOMPÍN (coordinador): *Introducción a la bioingeniería*, Marcombo, Barcelona

M.E. VALENTINUZZI: *Objetivos de la bioingeniería*, 1988. En J. MOMPÍN (coordinador): *Introducción a la bioingeniería*, Marcombo, Barcelona



# SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES

Ramón Agustí Comes

**L**n los últimos años los servicios de comunicaciones móviles, sin duda impulsados por los de telefonía móvil automática (TMA), han representado el segmento de más rápido crecimiento del sector de las Telecomunicaciones, aunque entrados ya en la década de los 90 todavía puede decirse que el grado de conocimiento por parte del gran público de las posibilidades que los servicios móviles pueden ofrecer es relativamente bajo e incluso no exento en muchas ocasiones de cierto grado de desconcierto. Ello es debido a la aparición de muchos servicios bien ya operativos en la actualidad o de aquello previstos para un futuro inmediato cuyos campos de delimitación no siempre están perfectamente definidos.

El desarrollo que se espera espectacular de este mercado de comunicaciones móviles va a ser posible por la conjunción de una serie de factores entre los que cabe destacar: los avances tecnológicos, los acuerdos entre los distintos países europeos en materia de estandarización, lo que facilita la interconectividad entre países y evita la fragmentación del mercado, la liberalización del mercado al menos en el marco de la Unión Europea (UE) y el desarrollo de los aspectos regulatorios tanto por

lo que respecta a la gestión del espectro radioeléctrico como en la adecuación de un marco jurídico para la prestación de servicios.

## 1. Estándares digitales de comunicaciones móviles celulares.

Si la primera generación de comunicaciones móviles estuvo basada en una tecnología analógica para el interfaz radioeléctrico, la segunda generación, cuyo exponente más paradigmático es el GSM, viene marcada por su tecnología digital.

Si la tecnología analógica se sustenta en una estrategia FDMA («Frequency Division Multiple Access») convencional, en base a que a cada usuario que accede al sistema se le concede un canal de radiofrecuencia de un ancho de banda dado (como podría ser el caso de radiodifusión

comercial), la tecnología digital parte de premisas totalmente distintas. De hecho cabe distinguir entre las tecnologías de acceso múltiple digital el TDMA («Time Division Multiple Access») y el CDMA («Code Division Multiple Access»). El acceso múltiple TDMA parte de una filosofía de acceso al sistema basada en la concepción de espacios de tiempo a cada

usuario. En este sentido todos los usuarios utilizarían la misma banda de frecuencias pero no al mismo tiempo. Naturalmente para el usuario tal reparto temporal es imperceptible y lo que él percibe es una asignación completa de un canal durante todo el servicio. El acceso múltiple CDMA es mucho más sutil y se basa en la multiplicación de la secuencia de datos del usuario con una secuencia (código) específica asignado a tal usuario que da como resultado: Un ensanchamiento de el espectro radioeléctrico ocupado por cada usuario y un encaramiento de la propia señal de datos transmitida por el propio ruido ambiente y por la propia secuencia.

*El acceso múltiple TDMA parte de una filosofía de acceso al sistema basada en la concepción de espacios de tiempo a cada usuario.*

Una primera controversia en cuanto a los estándares y posiblemente la que tiene un mayor impacto tecnológico reside entonces en si TDMA o CDMA. Los sistemas de segunda generación de telefonía móvil celular se basan en su mayoría en estrategias TDMA. En este sentido cabe destacar en lo que respecta a telefonía pública: GSM, D-AMPS (USA) y PDC (Japón). Desde un punto de vista conceptual el GSM es un sistema que rompe totalmente con los sistemas de primera generación, mientras que los D-AMPS y PDC son sistemas en cierto modo evolutivos en el sentido que

RAMÓN AGUSTI COMES es catedrático de Universidad de la UPC.

aprovechan los avances tecnológicos para ubicar varios canales en modo TDMA donde antes había solo uno en modo FDMA. Por lo que respecta al sistema de acceso CDMA hay un estándar americano promovido por la empresa Qualcomm, de la que A.J Viterbi es uno de sus fundadores, con presencia básicamente en USA, aunque hay otros países a la espera de valorar más en profundidad tal sistema en la medida que se pueda validar en funcionamiento real.

¿Es mejor TDMA o CDMA? Esta pregunta que se intenta responder desde el punto de vista de mayor capacidad o número de usuarios soportados por el sistema a igualdad de recursos radioeléctricos utilizados no tiene una respuesta simple, al menos cuando se compara GSM y sistema Qualcomm. Ello se debe a que no siempre se parten de los mismos supuestos básicos de comparación ni se tiene en cuenta que el GSM es un sistema evolutivo que no se ha exprimido todavía al máximo. Por otra parte las críticas hacia el sistema Qualcomm, del que inicialmente sus promotores afirman que proporciona una mayor capacidad que GSM, van en la línea de que sus afirmaciones no se sustentan en medidas reales de campo, con lo que se dan por supuesto aspectos muy importantes para su sistema como es el correcto funcionamiento del control de potencia.

Sin entrar en profundidades técnicas, el gran debate se centra a nivel mundial entre CDMA (Qualcomm) y GSM. Actualmente la apuesta por GSM, que puede ya considerarse un sistema maduro, es abrumadora. En el mercado americano los competidores son básicamente DAMPS y Qualcomm, aunque GSM en su versión GSM 1900 va a estar presente para la banda de trabajo de 1900 MHz (en Europa DCS 1800) en el sistema celular PCS, orientado básicamente a entornos urbanos. En Ja-

pón aparentemente no se plantea ninguna competencia con el sistema PDC.

La telefonía celular no obstante no se limita a los sistemas antes mencionados. La aparición de los teléfonos inalámbricos de uso muy generalizado pero de poco peso tecnológico, y que podríamos ubicar en la primera generación de comunicaciones móviles, ha dado lugar a la aparición de sistemas muy complejos, actualmente ya en fase comercial incipiente como pueden ser el DECT en Europa, el PHS en Japón y el PACS en USA. Estos sistemas que se enclavan ya en la segunda generación de comunicaciones móviles, utilizan una técnica de acceso TDMA y a diferencia de los sistemas anteriores son

sistemas de acceso a la red pública, de la que dependen para su funcionamiento. No obstante tal dependencia, estos sistemas nacen con objetivos mucho más ambiciosos que el simple teléfono inalámbrico doméstico y que pueden abarcar usos tales como una centralita inalámbrica para entornos de oficinas,

acceso sin hilo al bucle de abonado y cobertura en zonas residenciales entre otros. Por lo que respecta al DECT, incluso está en proyecto un sistema CTM por el que se propone cubrir amplias zonas de una ciudad con objeto de proporcionar una cobertura a la misma. Esta posibilidad permitiría a los operadores fijos entrar en competencia con los operadores móviles al ofrecer movilidad a sus usuarios de red fija. A su vez, los operadores móviles podrían ofertar una mayor calidad de servicio a sus usuarios en zonas congestionadas siempre que tales usuarios dispu-

sieran de un teléfono dual DECT/GSM por ejemplo.

## 2. Sistemas de comunicaciones móviles por satélite.

Los servicios de comunicaciones móviles vía satélite fueron ofertados en primer lugar por INMARSAT obedeciendo a la necesidad de proporcionar comunicaciones fiables con buques en alta mar. La introducción de comunicaciones móviles vía satélite para el entorno terrestre se ha visto no obstante dificultado en el pasado por el excesivo peso y volumen de los terminales móviles, restringidos sin duda por las limitaciones tecnológicas derivadas de la distancia de los satélites geoestacionarios a la Tierra (36.000 Km).

Aun así se han ido desarrollando nichos de mercado profesionales donde las comunicaciones móviles vía satélite han podido desarrollarse, aunque siempre sin que ello representase una competencia a los tradicionales sistemas móviles terrestres anteriormente mencionados. En este sentido INMARSAT con cinco distintos sistemas denominados

INMARSAT A, B, M, Ci Aero se han ido respectivamente introduciendo a lo largo de la década de los 80. Con independencia de INMARSAT otros sistemas de tipo regional han ido apareciendo, algunos utilizando bandas altas (12-14 GHz) tales como Prodat, Euteltracs en Europa Omnitracs en USA, etc.

Los nuevos sistemas de comunicaciones móviles vía satélite, sin embargo, plantean un salto cualitativo con la introducción de una nueva generación de satélites de órbita baja denominados LEO (Altura aproximada de 1000 Km.) u órbita intermedia denominados ICO (altura aproximada 10.000 Km). El uso de estos satélites y en particular con los LEO van a permitir una enorme disminución en el peso y tamaño de los terminales que podrán ser portátiles y si-

## El gran debate se centra a nivel mundial entre CDMA (Qualcomm) y GSM .



**TABLA 1**

	IRIDIUM	GLOBSTAR	ODYSSEY	ARIES	ELLIPSO	INMARSAT-P
SERVICIOS	Telefonía Mensajes Datos	Telefonía Mensajes Datos GPS	Telefonía Datos GPS	Telefonía Mensajes Datos	Telefonía Mensajes Datos	Telefonía Mensajes Datos
No. Satélites	66	48	12	48	24	10
Tipo Órbita	LEO	LEO	ICO	LEO	Elíptica	ICO
Altura	765 Km.	1389 Km.	10.355 Km.	1020 Km.	429-2903Km	10.355 Km
Inclinación	87 grados	52 grados	55 grados	90 grados	64 grados	45 grados
Operación	1989	1999	1997	1998	1997	1999

**TABLA 2**

CLIENTES	Año 2001	Año 2006
	1.4 millones	2.3 millones
<b>Zonas Geográficas</b>		
Paises Industrializados	64%	46%
Paises en vías de desarrollo	25%	30%
Paises del Tercer mundo	11%	24%
<b>Aplicaciones</b>		
Negocios	42%	39%
Privado	40%	39%
Administración pública	18%	22%

Fuente Global Communications

milares a los actualmente en el mercado para la telefonía celular convencional. Aparte de que el retardo de transmisión se verá considerablemente reducido lo que va a redundar en más y mejores servicios. En la Tabla 1 se muestran los sistemas LEO e ICO propuestos.

No es previsible un nivel de competencia importante entre tales sistemas de comunicaciones móviles por satélite y los sistemas móviles convencionales. De hecho se habla

más bien de colaboración con la provisión de terminales duales, por ejemplo IRIDIUM y GSM, que permitan disfrutar de las potencialidades de ambos sistemas. Es decir, la utilización del sistema móvil terrestre siempre que sea posible en base a sus menores tarifas y mayor oferta de servicios, para pasar a la utilización del sistema de comunicaciones móviles vía satélite cuando por razones de cobertura se tenga que abandonar el sistema móvil terrestre. Ciertamente

los costes de las comunicaciones móviles vía satélite son superiores a los de los sistemas móviles terrenos y las prestaciones menos ambiciosas, e incluso una organización de la importancia de INMARSAR no está convencida de su viabilidad y de hecho ha descartado la adopción de satélites LEO. En la tabla 2 se muestran los perfiles de usuarios y volumen de mercado previsto en una fase inicial y en otra ya totalmente operativa del sistema IRIDIUM.



# PASEO A TRAVÉS DE LA HISTORIA: ANATOLIA, EL AMANECER DEL HOMBRE.

**María Cristina Escobar Labella**

**N**o estamos solos en el Cosmos... Al nacer, una tempestad oscura alternada con diminutos puntos de luz nos recibía a modo de cuna gigantesca...

Mientras tanto, tan eternamente como el universo una letanía no dejaba de sonar: era la más bella sinfonía cósmica jamás compuesta. Era la Canción de la VIDA. Comenzaba así un segundo más en la historia del universo.

El universo es una constante interacción de objetos, materias, fuerzas iguales u opuestas, en definitiva una unión de partes a modo de «puzzle» vital que en armonía generan el «TODO».

Desde el ser más evolucionado hasta el más insignificante tienen aquí el mayor protagonismo. Nada falta ni nada sobra, nada pertenece a nadie y a la vez todo es de todos...

Es bonito recordar que nuestros ancestros «primitivos» no necesitaron darse cuenta que nuestro ecosistema «peligraba» seriamente para comprender esta filosofía del animismo. Para ver al mundo como una globalidad de partes que se necesitan mutuamente...

**MARÍA CRISTINA ESCOBAR LABELLA** es proyectista del departamento de T.S.C. (sobre el impacto social y ambiental de las comunicaciones y la técnica), concertista de violín y claustral independiente de ing. sup. de telecom. de la UPC.

Así lo vio el jefe Seattle en su famosa carta: «Lo que hagáis a la Tierra, a vosotros lo hacéis. Si una especie muere, poco a poco, con el tiempo nuestro pueblo morirá también ...»

Con esto, os invito de nuevo a buscar aquello que no tenemos y que el dinero jamás nos dará. Se trata de una riqueza que va más allá de nosotros mismos; desconoce las fronteras, habla todas las lenguas, se codea con el infinito y jamás tendrá fin: Se trata de buscar un conocimiento más profundo de nuestro entorno y de aquellos que junto con nosotros entonan la Canción Eterna.

## ANATOLIA: MÁS ALLÁ DE LA PENÍNSULA.

Dicen los sabios que la historia comenzó en Sumer cuando se hallaron los primeros escritos cuneiformes. Aquí, en Anatolia, donde nunca se pone el sol, puedes sentir la historia en cada piedra, a cada paso y en todo rincón de su vasto espacio.

Y es que con la proximidad de Sumeria y Asiria al este, Grecia con el mar Egeo al oeste y Egipto al sur; lo cierto es que resultaba una rica tierra de paso para mercaderes y pueblos nó-

madas; no olvidemos, por ejemplo la Ruta de la Seda que pasaba por el norte de la península.

Anatolia mana aún el recuerdo prehistórico de la más importante ciudad neolítica organizada: se trata de Çatalhöyük. Allí te impresiona ver cómo construyeron sus casas rectangulares perfectamente idénticas con una única habitación, sofá fijo y horno... No en vano hablamos de los albores del hombre: del séptimo milenio antes de nuestra era.

Si hicieramos avanzar el reloj de la historia, quisiera detenerme en el 2000 a.C., cuando surgió un pueblo



Grabado en piedra de los Hititas



que me ha llamado la atención tanto por su desconocido origen como por su carácter tolerante. Se trata de los Hititas. Si te acercas a Hattusas su capital, los restos de la ciudad te inspiran aún la sensación de paz de un Imperio que trató de vivir en armonía con su entorno y su pasado sin ansias de conquista... ¿sería esto, tristemente, su sentencia de muerte?

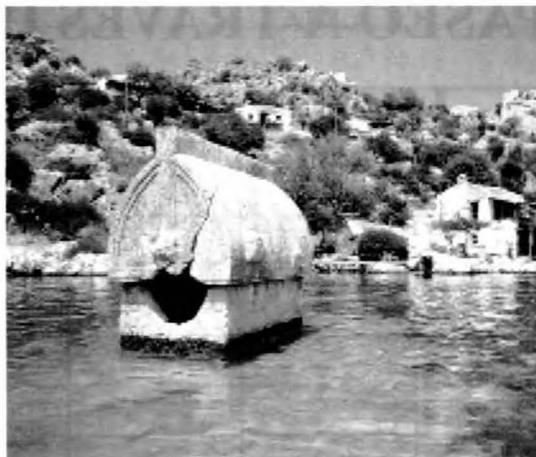
Un bonito reencuentro ocurrió para mí en el museo arqueológico de Ankara...

Entré en la sala de los grabados en piedra Hititas cuyos motivos eran siempre religiosos o guerreros y de pronto lo vi:

allí estaba, tan real como la vida misma, mayor de cuanto lo imaginaron los ojos de una niña de nueve años. Se trataba de un grabado que vimos en el libro de historia durante una clase. Estábamos estudiando el primer escrito cuneiforme y otros jeroglíficos. No lograba entender que un trozo de piedra viejo con apenas unos garabatos ininteligibles fuesen realmente importantes; pero intuía que detrás de todo aquello había algo más profundo y esta idea fue la que me motivó a tomar interés mientras mis compañeras se morían de aburrimiento...

Y es que, lo que no nos contaron en clase es que aquel grabado fue el legado de alguien que vivió aquí hace muchos, muchos años... Con el tiempo, pensé que un pueblo sin historia es como un hombre sin memoria y quien le da la espalda, está condenado a repetirla.

Entonces me pregunté si aprendiendo de ella, intentando conocer los distintos pueblos con sus modos peculiares de entender la vida y de pensar lograría un mejor conocimiento del mundo y de mí misma. También me pregunté sobre el origen de las religiones, sus ausencias, la necesidad de espiritualidad del ser humano, la búsqueda de la belleza y la eternidad que une a todos los pueblos indistintamente. Pero continuemos



nuestra travesía histórica por Anatolia...

Me detengo ahora para resaltar el respeto de un pueblo a sus antepasados: Se trata de la Civilización Licia. Estamos en el siglo séptimo a.C..

El día es claro y el sol brilla exultante a lo alto mientras un mar sereno devolvería al cielo su reflejo azul cual espejo eterno si no fuera porque las algas del fondo marino le dan un tono verde esmeralda cristalino. El paraje es de tal belleza que te cautiva inevitablemente. Así es como comprendes que el pueblo Licio quisiera vivir y morir aquí.

Al borde del mar, apenas a dos metros de la orilla, algún que otro sarcófago ha resistido la dura prueba del tiempo...

Lo original en realidad, es su forma y su ubicación. Si lo miras tal cual, resulta una cabaña cuyo tejado parece una barquita del revés surgida del mar.

No en vano, para ellos morir no era sino continuar viviendo. Como eran un pueblo pescador deseaban

que su barco fuera además su «hogar eterno».

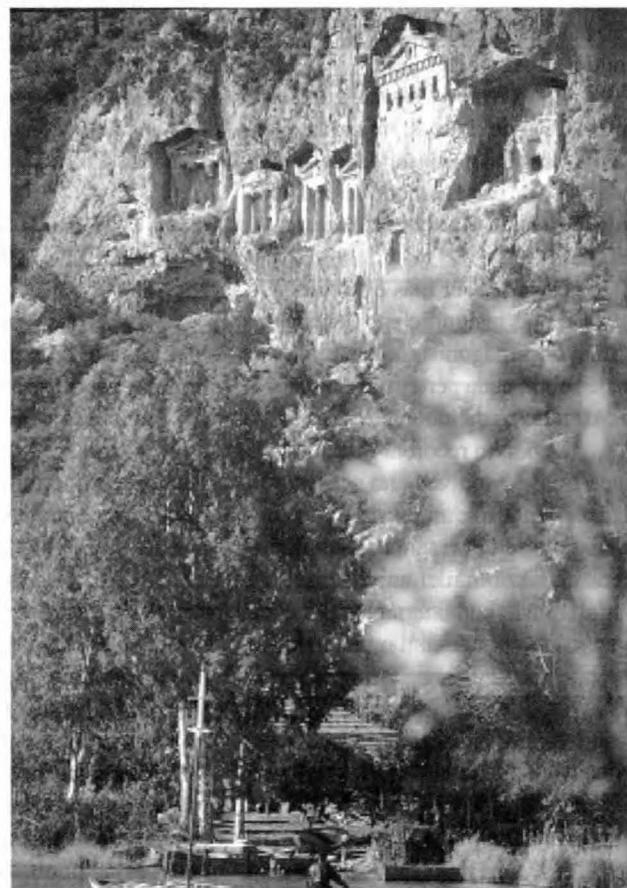
Además de este bello detalle destacan sus impresionantes necrópolis excavadas en las mismas rocas de los acantilados...

Al verlo te vienen a la memoria las ruinas de Petra.

¡Qué increíble modo de «rezar» eternidad al aire libre y tan bien integrado con el entorno!. ¿Qué ansia fue tal que les movió a crear similar maravilla?. Y es que dicen que «inteligencia» es saber ver mas allá de lo «visible», comprender aquello que perdura de veras porque es importante en sí mismo...

Al pie de una de estas necrópolis te sientes pequeño, como una humilde gota de agua con conciencia que sabe que forma parte de algo mucho mayor, tan inmenso que te sobrepasa y es entonces cuando percibes aquello que sin dudarlo ha unido a todos los pueblos de cualquier rincón del mundo: La búsqueda de Eternidad. El ansia de permanecer en la memoria del Cosmos para siempre más.

Aunque quieran hacernos creer lo contrario... ¿no son más importan-



tes las cosas que nos unen a unos pueblos con otros que las que dicen que nos separan?. ¿Por qué no intentamos comprendernos mejor conociéndonos mas?.

Dejaré estas cuestiones al aire para regresar a nuestro viaje...



Por unos instantes, cerrad los ojos y no los abráis hasta hallaros frente a la biblioteca de Celsus (Efeso)... Una blanca aparición os sorprende por su altura, es el mármol que aún se conserva en la fachada. Además, nos reciben en silencio sus solitarias guardianas; las estatuas que la presiden: la Sabiduría, la Virtud, la Inteligencia y la Ciencia. Esto, junto la combinación de capiteles corintios, cenefas floreadas por doquier y su peculiar frontispicio la obliga a destacar con una belleza sin igual... Estamos en Éfeso y resulta curioso pensar que junto con la biblioteca de Alejandría, ésta fue un importante reducto del saber del Mundo Clásico. Se trata de una de las colonias griegas más prósperas del período helenístico aunque posteriormente pasaría a manos del Imperio Romano. De hecho, toda la costa del Egeo turca está jalona de antiguas ciudades griegas de

las que quedan en pie verdaderas maravillas como estadios, teatros, templos, acueductos, etc... en bastante buen estado como renegando al paso del tiempo. Entre ellas, están: Mileto, cuna de Thales o la mítica Troya en el estrecho de Dardanelos.

Si nos desplazamos hacia el interior (sureste) y colocamos un 72 a.C. en nuestro reloj particular los sugiero ahora que comencemos juntos la ascensión al monte Nemrut. Estaba situado en los límites del Imperio Romano y los dominios persas. Subir es una aventura, como la vida misma, por caminos que atraviesan pueblos aún inmersos en el pasado... mientras tanto nosotros continuamos adelante, como buscando el norte. El sol luce a lo alto en esta zona árida, semi-desértica, mientras cada vez nuestro horizonte se amplía más y más hasta llegar a la cumbre. De pronto, además de la increíble vista, aparecen ante nosotros los restos de las estatuas colosales que adornaron esta necrópolis.

Aquí hay algo mágico que te impide quedar indiferente: por el estilo de construcción observamos que realmente estamos al límite entre dos mundos...

A nuestros pies se extiende el valle del Eúfrates. En la cima existen dos grandes terrazas con sus esculturas monumentales.

Y es que el rey de este lugar, Antíoco I, reposa en un túmulo excavado en la misma cima de 2150m.

Creyéndose heredero de Darío y Alejandro Magno, quiso construirse esta necrópolis impresionante más próxima al cielo que a la tierra tras un loco sueño de eternidad...

Nuevamente nos sentimos diminutos; tanto que no podemos evitar estremecernos ante tal magnificencia.

Pasemos ahora al período paleocristiano de nuestra era. En concreto viajemos al mismo centro geográfico de Anatolia.

La región de la Capadocia, al igual que las fuentes de Pamukkale, son un tesoro geológico, una maravilla de la naturaleza. Los caprichos de la erosión moldearon estos semi-áridos valles de blanda toba calcárea en un conjunto de montañitas pequeñas que sus moradores excavaron llenándolas de infinitud de pequeñas celdas y capillas... Y es que los perseguidos cristianos de los comienzos de nuestra era hallaron en este rincón del mundo el recogimiento necesario para su vida de anacoretas.

## ISTAMBUL, PUENTE DE CULTURAS.

Si llegas a Estambul, que sea al atardecer... que los últimos destellos de un sol rosado acaricien esta Capital Eterna. Si te acercas al Bósforo mira hacia Sultanahmet y embriágate del sabor musulmán de sus mezquitas...

Contempla sereno la bella combinación de sus cúpulas redondeadas transmitiendo paz y armonía junto con sus afilados minaretes que

desafiantes apuntan al infinito como rezando eternidad de nuevo, en silencioso intento.



Pasea tranquilo por sus calles bulliciosas y llenas de vida pero no te quedes sólo en la belleza «física» de la ciudad que une Asia con Europa, detente unos instantes y observa cómo son y cómo viven.

Si convives con estas gentes podrás disfrutar de su amable hospitalidad; querrán mostrarte su casa,



presentarte a su familia y por supuesto, te invitarán a tomar té y es que ser musulmán no es lo mismo que ser integrista... De no ser por el machismo extremo de su religión que relega a la mujer a una «especie» de segunda clase, sería una enamorada del mundo árabe.

Al acercarte hacia Sultanahmet, entre los jardines, te sentirás «sacramente» amurallado por la mezquita azul a un lado y Santa Sofía al otro rivalizando en belleza por igual.

Será por mi procedencia, pero me encandiló más Santa Sofía, una antigua catedral bizantina dedicada al «saber»...

Aunque no hubiera sabido de su pasado cristiano, lo hubiera presentido nada más entrar. Si bien su construcción es más robusta y sencilla que la de la mezquita azul, en su interior todavía puedes sentir el sagrado juego de luces que daba el mosaico de oro con que estaban cubiertas las paredes a su vez alternadas con preciosos iconos. Afortunadamente aún conserva su pasada majestuosidad. No podría explicarlo con claridad pero aquellas rotundas enormes a modo de medallones rezando el nombre de Alá, Mahoma y los cuatro primeros profetas, ni el bello mihrab de mármol, ni sus minaretes en

el exterior, no me impedían sentir una lógica familiaridad con las iglesias ortodoxas.

Por otro lado, la mezquita azul me pareció inmensa. Dicen que en sus tiempos fue la mayor del mundo árabe y cuentan que al querer igualar en número a los minaretes de La Meca, a esta última tuvieron que añadirle el séptimo. En su interior, a pleno día puedes disfrutar de un bello juego de colores sobre las alfombras mientras los delicados mosaicos y cenefas regalan a la vista un espectáculo singular.

Pero sin dudarlo es el palacio de Topkapi el que nos traslada a la suntuosidad de los cuentos de las mil y una noches y a las cruzadas contra los Otomanos... Si te acercas a la «Rumeli Hisari», la fortaleza de Europa, sus murallas triples, aún conservan el sufrimiento y agonía que debieron sufrir sus habitantes en el definitivo cerco al que sumieron a Estambul los turcos con Mehmet II a la cabeza, en la mitad del siglo XV.

## UN ÚLTIMO VIAJE MÁS PROFUNDO.

Os invito ahora a realizar un viaje más difícil. Intentemos bus-

car en nuestro interior al pequeño ingeniero, al pequeño filósofo, al poeta, al político o al músico que todos llevamos dentro. Aprendamos a escucharlos y jamás acallaremos nuestros sueños ni la ilusión de vivir en consecuencia, defendiendo aquellas cosas por las que pensamos que esta vida vale la pena, pues sin ellas, le quitaríamos los colores más bellos al lienzo en blanco que recibimos al nacer. Busquemos aquello que une de veras a los pueblos y seamos conscientes de que somos una pequeña parte de un ARKHÉ que nos sobrepasa; en definitiva, una nota de una pequeña melodía en la más bella sinfonía cósmica jamás compuesta.

## BIBLIOGRAFÍA

I. TEMIZSOY U OTROS. «Museo de las civilizaciones anatólicas». Ed. Dönmel.

VARIOS ARQUEÓLOGOS. «Hititas y fenicios». Ed. Salvat.

GIOVANNA MAGI, GIULIANO VALDES. «Toda Turquía». Ed. Bonechi.





# MPEG-4: UNA NUEVA REPRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN AUDIO-VISUAL

**Josep Ramon Casas, Ferran Marqués y Philippe Salembier**

**E**ste es el primer artículo de una serie en la cual pretendemos dar una visión de cuál es el trabajo que en el entorno de MPEG-4 se está realizando en el Grup de Processament d'Imatge del Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions de la Universitat Politécnica de Catalunya. En este primer artículo, presentamos qué es MPEG-4 y cuáles son sus objetivos principales, así como la situación de desarrollo actual del estándar. En futuros artículos comentaremos más detalladamente cómo se enmarca nuestro trabajo en este ámbito.

## 1. Introducción

La extensión de los servicios de comunicaciones, informáticos y telemáticos en las últimas décadas ha alcanzado un protagonismo relevante en la mayoría de los ámbitos profesionales. La creciente disponibilidad de potentes ordenadores personales y de canales de comunicación avanzados sugiere la visión de un mundo en el que cualquier tipo de información fluye libremente entre una variedad de sistemas diferentes. No obstante,

a pesar del espectacular progreso de los dispositivos de almacenamiento masivo y de las prestaciones de los sistemas digitales de comunicación de datos, la demanda de mayor ancho de banda de transmisión y de mayor capacidad de almacenamiento continúa superando las posibilidades de las tecnologías disponibles.

El desarrollo de aplicaciones que realizan un empleo exhaustivo de la capacidad de datos de los sistemas actuales, como las relacionadas con sistemas de audio y video en tiempo real, y la utilización creciente de canales de ancho de banda limitado, como radioenlaces terrestres y satélites de comunicaciones, no solamente ha mantenido la necesidad de encontrar sistemas más eficientes de representar la información sino que han hecho de los sistemas de codificación y compresión de datos un aspecto esencial de la tecnología digital de comunicaciones y almacenamiento de datos.

- *Sistemas de comunicación que incluyen información visual*

En particular, el papel fundamental que desempeñan las señales visuales en nuestro entorno cultural está siendo integrado en este nuevo mundo de las tecnologías de la información. Las aplicaciones de imagen y video digital requieren elevadas velocidades de

transmisión, enormes capacidades de almacenamiento y equipos rápidos de tratamiento de estas señales (si las imágenes se manipulan en su forma original). Imágenes típicas de televisión digital, por ejemplo, generan velocidades de transmisión y tratamiento que exceden los 100 Mbit/s.

La emergencia de nuevos sistemas de comunicación visual plantea el problema de cómo compimir esta vasta cantidad de información en soportes de capacidad limitada, ya sea para la transmisión o para el almacenamiento. Como ejemplo, se pueden citar sistemas de comunicación visual en canales desde 20 Mbit/s [1] hasta 64 kbit/s [2].

Merece especial atención la creciente utilización de imágenes en sistemas de comunicación de muy baja capacidad de datos. En las redes internacionales de comunicación entre ordenadores, especialmente en Internet, cualquier usuario de un ordenador personal abonado a un servicio telemático por vía telefónica y provisto de una tarjeta de conexión a la red (un modem), puede acceder a innumerables fuentes de información de todo tipo, publicaciones electrónicas que se editan con regularidad, servicios de mensajería electrónica (e-mail) y hasta servicios de comunicación interactiva mediante voz e imagen en tiempo real [3, 4 y 5].

JOSEP RAMON CASAS, FERRAN MARQUÉS y PHILIPPE SALEMBIER,  
son profesores del grupo de Imagen del  
T.S.C en la ETSETB



El contenido en información visual de estos sistemas de comunicación de datos aumenta sin cesar. Originalmente, con la posibilidad de acceder a imágenes fijas en publicaciones electrónicas. Después, mediante programas de libre utilización que permiten visualizar secuencias de imágenes en movimiento en el propio ordenador personal a partir de información contenida en una base de datos remota. Dichas secuencias contienen a menudo gráficos e imágenes generadas artificialmente junto con imágenes adquiridas de escenas naturales.

La comunidad internacional se esfuerza por estandarizar a tiempo técnicas de comunicación mediante sistemas de codificación de señales de audio y video que racionalicen y aumenten la eficacia de los sistemas empleados en la práctica [6, 7, 8 y 9]. Dichas técnicas deberían permitir el intercambio *universal* de la información entre dos sistemas cualesquiera conectados a una red de comunicación.

- *Representación eficiente y manipulación de contenidos*

En el actual camino hacia nuevos estándar de codificación, se contempla precisamente la convergencia de los ámbitos de video digital, gráficos por computador y sistemas de animación de imágenes sintéticas [10]. Para la representación eficiente (codificación) y la manipulación de las señales que intervienen en los sistemas de comunicación visual se requiere el empleo de técnicas avanzadas de análisis capaces de acceder a los objetos contenidos en las escenas [11]. La representación de la información audiovisual orientada a los objetos permite al usuario del sistema de codificación combinar y manipular de un modo flexible y eficiente «objetos» audiovisuales, representados al elevado nivel de abstracción requerido por las aplicaciones de interés.

## 2. ¿Qué es MPEG?

MPEG son las iniciales de *Motion Pictures Experts Group*, un grupo de trabajo dependiente de la ISO (Organización Internacional de Estándares) encargado del estudio y desarrollo de técnicas estándar de comunicación visual. La existencia de un estándar es una necesidad evidente en cualquier sistema de comunicación. Si no existe una norma común en la que se hayan puesto de acuerdo previamente los diferentes actores de un sistema de comunicación, difícilmente podrán intercambiar información de modo inteligible. La norma común (el estándar) es más importante, si cabe, cuando el sistema de codificación tiene cierto grado de complejidad (como es el caso de los sistemas de comunicación de imagen). En dicho caso, puede ser muy costoso disponer de decodificadores de tipo multisensores.

Los estudios en el grupo MPEG dieron lu-

gar a la primera propuesta provisional (*draft*) para un estándar de codificación de video digital (MPEG-1) en 1988. En aquel momento se denominó simplemente MPEG, para diferenciarlo de la norma JPEG de codificación de imágenes fijas. MPEG-1 se basó en la norma de codificación para imágenes de videoteléfono y videoconferencia H.261 del CCITT, cuyos primeros borradores se habían escrito cuatro años antes, en 1984. Ambas normas tienen importantes similaridades, lo cual no es de extrañar dado que una parte importante de los investigadores de MPEG también

habían trabajado con el CCITT en la elaboración de H.261. La diferencia fundamental entre H.261 y MPEG-1 se encuentra en las aplicaciones para las que se desarrollaron ambas. A continuación se ofrece una breve descripción de los objetivos de éstas y de las propuestas posteriores:

- *CCITT-H.261: el estándar para videotelefonía y videoconferencia digital*

La norma H.261 se desarrolló pensando en aplicaciones de videoconferencia. Las características particulares de esta aplicación, como son: la necesidad de realizar la codificación y decodificación en tiempo real, las secuencias de imágenes con poco movimiento según un modelo pre-determinado (primeros planos

tipo cabeza y hombros con un fondo simple y estático), etc. determinaron la especificidad del sistema de codificación. Por ejemplo, el fondo sobre el que se encuentra el interlocutor habitualmente no va-

ría con el tiempo (o varía muy poco), por lo tanto, resulta redundante transmitir con precisión esta información en todas las imágenes de la secuencia.

- *MPEG-1: películas digitales para video doméstico*

MPEG-1 se orientó a un conjunto más genérico de secuencias de imágenes. La intención original fue la grabación de películas de video en Compact Disc para uso doméstico. La restricción fundamental era la velocidad máxima admisible por este soporte digital: 1,5 Mbit/s. Otras carac-

terísticas importantes relacionadas con esta aplicación son que no se requiere que el proceso de codificación sea en tiempo real (lógicamente, sí se requiere en el proceso de decodificación y presentación de la secuencia almacenada en el soporte) y que la calidad exigible será del orden (o presumiblemente superior) a la de las grabaciones analógicas en cintas de video VHS. Los sistemas de codificación basados en la norma MPEG-1 están en el mercado desde hace varios años; concretamente desde 1990, fecha en que se determinó la versión actual de la norma [7].

- **MPEG-2: la norma de televisión digital**

Pronto se vio que la aplicación a la que estaba orientada MPEG-1 era demasiado restringida. La explosión de los sistemas interactivos de comunicación de audio y video digital dejaba obsoletas las especificaciones del sistema de codificación para soporte en CD definidas tan sólo dos años antes. En 1990, mientras se terminaba la definición de la norma MPEG-1, nacían dos nuevas propuestas, esta vez más ambiciosas, para el desarrollo de una norma común de codificación de video digital: MPEG-2 y MPEG-3. La intención era la estandarización de la norma definitiva de televisión digital.

MPEG-2 aumentaba la velocidad de salida del codificador hasta 10 Mbit/s, permitiendo la codificación de imágenes y sonido con calidad de radiodifusión de televisión (significativamente mayor que la de video doméstico). En 1993 se publicaban las primeras versiones [8] que, con pocas variaciones, resultarían en el estándar definitivo.

- **MPEG-3: una intención frustrada**

MPEG-3 se estableció en 1990 como un grupo de trabajo paralelo a MPEG-2. Su objetivo era definir un estándar de codificación de imagen y video digital para velocidades de salida del codificador hasta 60 Mbit/s. En un principio parecían velocidades adecuadas para la calidad requerida en los futuros sistemas de televisión de alta definición.

*Así una secuencia audiovisual será descrita en términos de los distintos objetos que la componen y de la evolución temporal de éstos*

Llegados a este punto es preciso resaltar que en el sector de la electrónica de consumo existían desde hacía casi una década (desde 1982, concretamente), importantes luchas por adquirir posiciones de privilegio en lo que se preveía que iba a ser un impulso mucho más importante para el sector de la electrónica de consumo que la aparición de los sistemas de televisión en color o del CD: la televisión de alta definición. En las discusiones sobre el tipo de sistema a estandarizar habían intervenido desde las mismas empresas, hasta los gobiernos de distintos países con intereses en el sector, productoras de cine, entidades científicas y culturales, etc. No nos extendemos en este tema puesto que ha generado interminables discusiones hasta la fecha. El lector interesado podrá encontrar en [12], por ejemplo, una extensa descripción desde el punto de vista histórico.

Pero la tecnología superó las expectativas. El sistema de codificación que se estaba desarrollando para MPEG-2 era lo bastante genérico como para incluir calidades de imagen de alta definición, incluso a velocidades de tan sólo 20 Mbit/s. En este sentido,

la propuesta americana para televisión de alta definición [1] enfatiza la compatibilidad con MPEG-2. Poco después de su creación, el grupo de trabajo para televisión de alta definición, MPEG-3, fue absorbido por MPEG-2.

- **MPEG-4: y ahora, ¿qué?**

De nuevo la evolución de los sistemas de comunicación audiovisual están dejando obsoletos los sistemas de codificación de video recientemente definidos. En este artículo pretendemos, precisamente, describir el sistema de codificación MPEG-4. La clave del progreso se encuentra, en este caso, en lo que MPEG-4 ha venido en llamar las *funcionalidades* del sistema de codificación.

- **MPEG: comunicación audiovisual**

Para concluir este apartado, y antes de describir MPEG-4, resulta interesante realizar la siguiente observación: aunque normalmente se suele relacionar el trabajo de MPEG con la estandarización en el mundo del video, se debe destacar que MPEG ha desarrollado también importantes trabajos en el ámbito del audio. De esta manera MPEG ha recibido el premio Emmy 96 por su trabajo en codificación realizado en los estándares MPEG-1 y MPEG-2.

### 3. Objetivos de MPEG-4

El trabajo inicial de MPEG-4 se enfocó sobre la idea de generar un espacio común entre los mundos, históricamente separados, de las telecomunicaciones, la industria del cine y los ordenadores. Las discusiones generadas del contacto de estas tres comunidades han clarificado el significado real de esta primera idea. Así, la definición de los objetivos de MPEG-4 ha ido perfilándose mediante continuas variaciones



introducidas por las distintas necesidades y las diferentes capacidades de cada uno de estos mundos. En este sentido, MPEG-4 suele autodenominarse *a moving target*. En estos momentos, el proyecto de MPEG-4 es mucho más ambicioso que la idea ini-

cada objeto se denomina VO (del inglés *Video Object*). En la Figura 1 se muestra un ejemplo de escena sencilla que se puede describir mediante un par de VOs: la presentadora a lo largo de la secuencia y el fondo estático. En este ejemplo, los objetos se han filmado

o selección automática de imágenes por temas (noticiarios, deportes, etc).

2. Manipulación del tren de datos para la edición de secuencias: eliminación o cambio de partes del tren de datos que de lugar a cambios de los objetos



Figura 1.-Ejemplo de composición de VOs obtenidos separadamente

cial: MPEG-4 persigue la creación de una representación de la información audio-visual que se acerque a la percepción natural que el ser humano tiene de una escena. Se busca una descripción basada, no ya en las distintas imágenes (o bloques de imagen) y señales de audio que componen la secuencia audiovisual, sino en los objetos contenidos en la escena.

Una descripción basada en el contenido (*content-based description*) ha de permitir la interacción sobre los distintos objetos de la secuencia, tanto si provienen de escenas reales como si han sido creados sintéticamente. Así, una secuencia audiovisual será descrita en términos de los distintos objetos que la componen y de la evolución temporal de éstos. El conjunto de esta información para

separadamente y, por tanto, se tiene directamente los dos VOs. Por supuesto, se puede suponer una o varias señales de audio independientes para cada VO.

La división de la secuencia en VOs permite definir un conjunto de funcionalidades nuevas en un sistema de codificación. El concepto de *funcionalidad* es una de las aportaciones más novedosas de MPEG-4. Entre las distintas funcionalidades basadas en el contenido, se puede destacar las siguientes:

• *Interacción basada en el contenido:*

1. Acceso a bases de datos de video a partir de su contenido: indexación de las secuencias de video en base a conceptos semánticos. Ejemplo de aplicación: búsqueda de personajes específicos

representados en la escena. Ejemplo de aplicación: inserción de subtítulos o publicidad específica.

3. Codificación híbrida de secuencias con imágenes naturales y sintéticas: combinación de datos provenientes de fuentes naturales o sintéticas mediante herramientas de codificación específicas para cada tipo de dato. Ejemplo de aplicación: creación de videojuegos o inserción de gráficos en la escena.

• *Compresión:*

1. Mejora de la eficiencia de codificación: codificación selectiva de unos objetos frente a otros, ya sea variando el número de imágenes que se codifica de cada objeto o la calidad espacial que se requiere para cada uno. Ejemplo de aplicación: transmisión reduciendo la calidad del fondo con respecto al primer plano (deportes, videotelefonía) o de un detalle de la imagen con respecto al resto (telemedicina).

2. Codificación de múltiples fuentes de datos concurrentes: codificación de distintas vis-

tas de la escena aprovechando la redundancia que existe entre ellas, así como el hecho de disponer de modelos tridimensionales de los objetos presentes en ella. Ejemplo de aplicación: codificación de secuencias tridimensionales para aplicaciones de realidad virtual.

• *Acceso Universal:*

1. Robustez frente a canales con presencia de ruido: protección selectiva de unos objetos presentes en la escena frente a otros. Ejemplo de aplicación: videotelefonía móvil.

2. Escalabilidad basada en el contenido: capacidad de crear dos trenes de datos representando la misma información a distintos niveles de calidad de tal manera que el primer tren dé una

de los distintos VOs que se han generado o detectado en secuencias previas.

Este concepto de reutilización se comenta en el siguiente ejemplo. En la Figura 2, se presenta un caso de secuencia más complicado que el de la Figura 1 ya que los distintos objetos no se han filmado separadamente. En este caso, se han definido manualmente tres VOs: el conjunto de presentadores, el fondo y la escena en el monitor. Al conseguir aislar uno de estos VOs, se puede componer una nueva secuencia utilizando imágenes o VOs provenientes de otras escenas. Esto proceso (generación de VO y combinación posterior), que normalmente se realiza o bien manualmente o bien mediante

Description Language): un lenguaje de alto nivel que permitirá la descripción de algoritmos completos de codificación, decodificación y composición de forma modular.

Mediante este lenguaje se podrá introducir nuevos herramientas directamente en el estándar. Un ejemplo de este tipo de evolución se podría dar en el caso de proponerse una nueva técnica de estimación de movimiento dentro de la codificación. Esta nueva herramienta de estimación de movimiento podría reemplazar a la anterior directamente, haciendo evolucionar de manera suave el estándar. Además, el uso de este lenguaje ha de permitir la creación de nuevos algoritmos mediante la conexión de distintas herramientas. De esta manera, un sistema transmi-



**Figura 2.-Generación manual de VOs y combinación para crear una nueva secuencia**

calidad media mientras que el segundo tren, ofrezca un incremento de calidad al añadirlo al primero. Ejemplo de aplicación: transmisión por el mismo canal a receptores con distintas velocidades.

Además de las funcionalidades de codificación comentadas anteriormente, MPEG-4 persigue una idea básica que es la posibilidad de reutilizar los datos extraídos de una secuencia en otras escenas futuras. De esta manera, además de la capacidad de editar las secuencias al nivel de tren de datos, también se podrá editar al nivel de imagen haciendo composición

grabación separada, se pretende realizar ahora de manera automática.

MPEG-4 pretende extender el concepto de reutilización de objetos de un modo parecido a los módulos de los algoritmos de codificación y decodificación. Con esto, MPEG-4 busca generar algo más que un estándar de codificación que puede quedarse obsoleto rápidamente. Lo que pretende es dar lugar a un estándar que sea flexible y así introducir posibles mejoras técnicas que aparezcan en el futuro. Para ello se ha desarrollado el denominado MSDL (del inglés MPEG-4 Syntactic

sor puede seleccionar el algoritmo que desee (siempre dentro de lo permitido por el estándar) para codificar los datos audiovisuales a transmitir y ponerse en contacto con el receptor, testear si el receptor tiene todo el conjunto de herramientas de decodificación necesarias para construir el algoritmo seleccionado y, en caso contrario, enviar los módulos que falten. De esta manera, el receptor puede «aprender» nuevas herramientas y configurar nuevos decodificadores.

#### 4. Estado actual de MPEG-4

Las distintas partes que formarán el estándar de codifica-



ción MPEG-4 están en distintas fases de evolución. El algoritmo de codificación de video ha sido desarrollado a lo largo de este año a base de introducir mejoras mediante experimentos (Core Experiments) propuestos sobre un algoritmo de base (Verification Model). En este mes (Noviembre 1996), tendrá lugar una nueva reunión de MPEG en la cual se fijará el primer algoritmo de trabajo oficial (Working Draft) y se restringirá el número de experimentos de mejora a realizar. Por su parte, el algoritmo básico que debe generar el estándar de audio se debe establecer también en esta reunión, así como la primera propuesta completa de MSDL.

La parte del estándar relacionada con la codificación conjunta de VOs naturales y sintéticos está suscitando un gran interés. Este es un campo actualmente muy abierto, en el cual técnicas



**Figura 3.1-** Generación automática de VOs

provinientes de ambos ámbitos deben optimizarse conjuntamente para generar un algoritmo común (por ejemplo, métodos de codificación y síntesis de texturas).

## 5. ¿Qué queda por hacer?

En Noviembre de 1998, el estándar internacional debe estar concluido. Hasta este momento, se debe desarrollar o mejorar todo el conjunto de técnicas de codificación comentadas en el apartado anterior. Sin embargo, es preciso decir que éste no es el único trabajo a realizar para concretar el estándar. Para que, una vez definido el estándar, éste pueda dar servicio hace falta una parte de trabajo adicional muy importante. Este trabajo se refiere a la creación de técnicas de análisis de secuencias que sean capaces de segmentar la escena y su evolución temporal; es decir, crear métodos de generación de VOs.

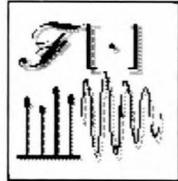
Las técnicas de análisis han de ser capaces de segmentar una secuencia, mediante interacción humana y/o de forma totalmente automática, en objetos con significado semántico. De esta manera, se deben crear métodos capaces de detectar la presencia de un objeto determinado y extraer su forma y posición correctamente. En los ejemplos presentados en la Figura 3 se muestra el resultado de segmentar dos imágenes distintas con el propósito de hallar objetos diferentes en cada una de ellas.

## Referencias

- [1] K. CHALLAPALI ET AL. *The Grand Alliance System for US HDTV*. *Proceedings of the IEEE*, 83(2):158—174, February 1995.
- [2] H. LI, A. LUNDMARK, AND R. FORCHHEIMER. *Image sequence coding at very low bit-rates: a review*. *IEEE Transactions on Image Processing*, 3(5):589—609, September 1994.
- [3] S. CASNER AND S. DEERING. *First IETF Internet audiostream*. *ACM SIGComm Computer Communications*, pages 92—97, July 1992.
- [4] D. W. LIN, C.-T. CHEN, AND T. R. HSING. *Video on phone lines: technology and applications*. *Proceedings of the IEEE*, 83(2):175—193, February 1995.
- [5] CORNELL UNIVERSITY. *CU-seeme home page*. Internet address: <http://cuseeme.cornell.edu>.
- [6] G. K. WALLACE. *The JPEG still picture compression standard*. *Communications of the ACM*, 34(4):30—44, April 1991.
- [7] D. LE GALL. *The MPEG video compression algorithm*. *Signal Processing: Image Communications*, 4:129—140, April 1992.
- [8] ISO-IEC CD 13818 INFORMATION TECHNOLOGY. *Generic coding of moving pictures and associated audio (MPEG-2)*. Technical report, Motion Picture Expert Group, November 1993.
- [9] MPEG. *MPEG-4 Proposal Package Description (PPD)*. Technical Report ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, MPEG, July 1995.
- [10] R. FORCHHEIMER AND T. KRONANDER. *Image coding: from waveforms to animation*. *IEEE Transactions on Acoustics, Speech and Signal Processing*, 37(12):2008—2023, December 1989.
- [11] F. PEREIRA. *MPEG4: a new challenge for the representation of audio-visual information*. In *Picture Coding Symposium*, pages 7—16, Melbourne VI, March 1996.
- [12] M.I. KRIVOCHEEV. *The first twenty years of HDTV: 1972-1992*. *SMPTE Journal*, October 1993.



**Figura 3.2-** Generación automática de VOs



# ÓPTICA ADAPTATIVA

Diego Polo

Cuando miramos por un telescopio el cielo nocturno, ya sea por el mejor de los observatorios o por un refractor de 10000 ptas, no vemos exactamente lo que nos ofrece el espacio, no apreciamos las características exactas de cada uno de los astros a estudio, sino una imagen deformada por las turbulencias de la atmósfera terrestre.

Los cambios de temperatura, la humedad, el flujo de vapor de agua, la contaminación, las reflexiones y refracciones producidas por las distintas capas atmosféricas a diferentes longitudes de onda, éstos y muchos más son los factores que han traído de cabeza a los astrónomos desde hace mucho tiempo, factores que hasta no hace mucho no podían solventarse de otra forma más que lanzando un telescopio al espacio exterior, solución extremadamente cara, tanto en su proyecto como en su mantenimiento.

Hace unos 50 años que se comenzó a calibrar la posibilidad de proporcionar algún sistema a los telescopios terrestres que sea capaz de anular la respuesta frecuencial no deseada de la atmósfera. Algun método que se

adapte a las circunstancias y corrija la distorsión producida... y fue así como comenzó a desarrollarse la óptica adaptativa.

No cabe duda que la óptica es una ciencia con muchos años de experiencia, ha servido para corregir problemas de visión del ojo humano, ampliar imágenes a grandes y pequeñas distancias, generar juegos de lentes capaces de crear mil una posibilidades en el mundo del espectáculo, pero el problema estaba en que los fenómenos atmosféricos cambian muy rápidamente, y que estos cambios tenían que ser detectados y corregidos a una velocidad muy alta. Tenía que generarse una óptica que se adapte a un problema mutante, a unos cambios aleatorios, tenía que investigarse cuál era exactamente el efecto producido por la atmósfera y encontrar un sistema de óptica adaptativa capaz de solucionarlo.

Pasaron los años y los progresos fueron a más, se supo que la atmósfera desfasa los diferentes puntos del frente de ondas

esférico producido por un objeto radiante, de forma que distorsiona la forma lineal de la señal que llega a la Tierra. Al llegar al espejo cada uno de los rayos llega con una fase diferente, de forma

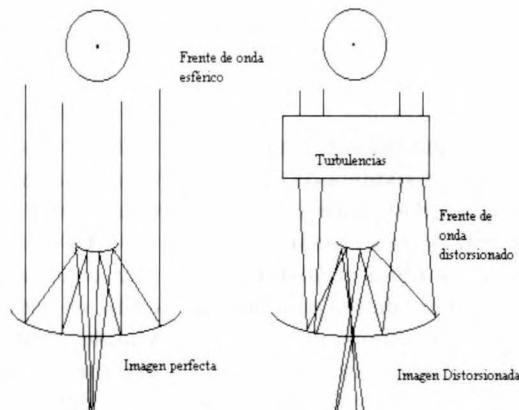


Figura 1

que produce una imagen múltiple que, a ojo humano, se caracteriza por una pequeña mancha borrosa cuando debería haber una fuente puntual.

El esquema de la figura 1 muestra claramente el efecto explicado y el problema a tratar.

Si se conseguía que cada parte del espejo tomara una inclinación determinada que compensara el efecto de desfase, la imagen sería perfecta. Pero para ello se tenía que dividir la lente en pequeños paneles, y cada uno de

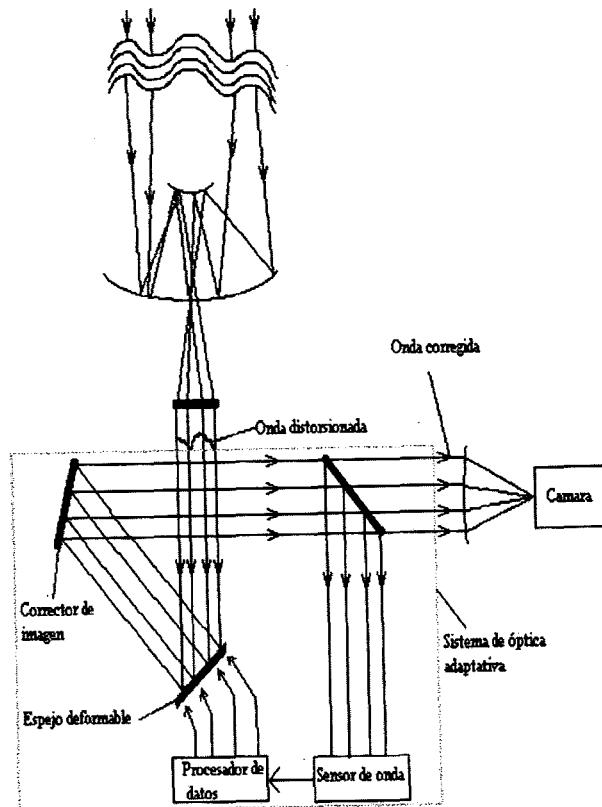
DIEGO POLO es estudiante de quinto en la E.T.S.E.T.B. y proyectista del Departamento de Física Aplicada de la UPC



RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE

**Figura 2.**-La óptica adaptativa puede compensar la distorsión de la luz emitida por las estrellas. Primero concentra la luz en un telescopio en un haz estrecho. Este haz de rayos llega a un espejo deformable y un segundo espejo se encarga de corregir el desfase producido por la atmósfera. El haz de rayos llega a un sensor de onda que puede medir el grado de desfase de cada componente, esta información dirige el movimiento del espejo deformable.

Finalmente, la imagen se guarda en una cámara para poder ser visualizada.



ellos tenía que moverse bajo las órdenes de un sistema de control de alta velocidad y precisión que fuese capaz de reaccionar a tiempo bajo los cambios atmosféricos.

El tamaño de los paneles, la velocidad del sistema de control, el proceso de adaptación basado en una realimentación de datos que autoconfigurara el próximo movimiento, la cantidad mínima de luz que debe llegar del espacio para que todo funcione con la normalidad... son muchos los aspectos a tratar cuando se trabaja en un diseño tan complejo como éste.

En la figura 2 se muestra un sistema completo de óptica adaptativa basado en espejos deformables capaces de corregir el desfase no deseado.

Los telescopios tienen definido un parámetro  $r_o$  como aquel diámetro máximo del espejo antes de que la turbulencia aumente el desfase de la onda progresiva en un radián. Este parámetro puede llegar a los 20 cm en luz visible, y será el que imponga el ta-

maño de cada uno de los paneles con los que trabajaremos individualmente.

El valor de  $r_o$  depende de la raíz cuadrada de la longitud de onda, en este caso suponemos luz visible, dado que es ahí donde estriba la mayor parte del problema de distorsión de imagen. En infrarrojos el problema es más sencillo de resolver, dado que  $r_o$  aumenta con el brillo requerido por una estrella guía decrece rápidamente con . Se entiende por estrella guía al objeto luminoso que enfocaremos con el espejo para tener una referencia de luminosidad, nuestro objeto de estudio debe estar a muy poca distancia de esta estrella para que podamos analizarlo. En infrarrojo,  $r_o$  llega a valores de medio metro, con lo que el número de

*... tenía que investigarse cuál era exactamente el efecto producido por la atmósfera y encontrar un sistema de óptica adaptativa capaz de solucionarlo.*

paneles y, proporcionalmente, el número de actuadores sobre cada panel, disminuye considerablemente si lo comparamos con un sistema en luz visible.

En el espectro visible necesitamos una estrella de magnitud

10 para poder enfocar, y aunque hay muchas estrellas de esta magnitud en el cielo, no deja de ser una limitación en el estudio de determinados objetos. Es así como se barajó la posibilidad de crear estrellas guía desde la tierra gracias a efectos producidos por un rayo láser en

las partículas de la atmósfera.

La discusión llegó a un buen término, y se comprobó que, utilizando un haz de rayos láser, se podía iluminar la parte del cielo que nos interesara y utilizarlo

como referencia en nuestro telescopio.

De esta forma, pasando por los intentos de usar un cristal de óxido de silicio y bismuto capaz de ajustar la fase de la luz que pasa a través de él mediante un voltaje aplicado, propuesta fallida debido a la insuficiente cantidad de luz emitida por el cristal, o utilizar un espejo flexible hecho de una plancha aluminizada que reflectara la luz, pero que no se llevó a cabo debido a la inestabilidad del sistema, se optó por montar un cristal muy fino sobre una pieza de material piezoelectrónico ajustado con electro-dos. Este último método era capaz de proveer al sistema una tolerancia de 1/50 de micra, tolerancia necesaria para el proyecto llevado a cabo.

También el problema de medir la distorsión del frente de ondas fue solucionado con el diseño de una técnica que disminuía el tiempo de respuesta disponible en los sistemas de esa época (sobre 1970 se disponía de circuitos cuya respuesta circulaba sobre la centésima de segundo). El avance en los interferómetros permitió disponer de 10.000 medidas de frentes de onda por segundo.

Por último se trataba de encontrar un método rápido para sintetizar las medidas individuales de los frentes de onda de cada zona en un único mapa donde se pudiera estudiar un onda continua sobre la apertura óptica total. La tecnología analógica se impuso sobre la digital, y se implantaron unos actuadores bajo cada espejo deformable, generando una red de corrientes proporcional a la onda medida.

Todo este estudio fue avanzando a gran velocidad en los últimos 25 años, y se instaló en

algunos de los grandes observatorios. Es el caso del observatorio Keck, en Hawái, en cuyo diseño ha participado el profesor Josep María Fuertes i Armengol, de la facultad de informática de la UPC, encargado del sistema de control.

Actualmente se tiene en proyecto la construcción de un gran radiotelescopio en las Islas Canarias capaz de utilizar los avances más modernos en óptica adaptativa, así como sistemas computerizados capaces de dotar gran velocidad de proceso y precisión a los paneles.

La información sobre estos sistemas es realmente amplia, dado que se trata de un tema con medio siglo de continua atención. Si a ésto añadimos el obvio interés militar del tema, resulta un campo de rápida evolución, dado que se ha dispuesto de presupuesto para la investigación.

El recopilar esta información y ordenarla cronológicamente, así como profundizar en los aspectos más físicos y matemáticos, requiere tiempo y paciencia. Y es esa la primera parte del proyecto que estoy realizando.

*Si se conseguía que cada parte del espejo tomara una inclinación determinada que compensara el efecto de desfase, la imagen sería perfecta*

circulando entre las páginas de internet, así como estudiando los artículos publicados desde 1950 hasta ahora relacionados con el tema, es mi principal ocupación, tarea que será suplantada por otra de matiz más matemático. Ya sea la programación ori-

tada a la simulación o la investigación en busca de mejoras del sistema.

Actualmente, Enrique García Berro, profesor de astronomía del departamento de física aplicada en la UPC, dirige mi proyecto, trabajando sobre información acumulada y en espera de obtener más datos sobre la construcción de sistemas ya realizados.

Para aquellos que quieran más información sobre óptica adaptativa, pueden dirigirse a las referencias que añado al final del artículo así como a la dirección de internet:

<http://www2.keck.hawaii.edu:3636/>

, donde hay una serie de páginas, aún en preparación, con información acerca del observatorio Keck ya mencionado.

## Bibliografía

Laird S. A. Thompson. *Adaptive Optics in Astronomy. Physics Today*. December 1994.

John W. Hardly. *Adaptive Optics*. Scientific American. June 1994.

Para más información se pueden consultar los siguientes e-mails:

sacton@keck.hawaii.edu

johng@keck.hawaii.edu

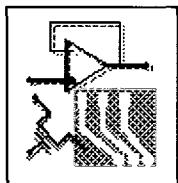
tgregory@keck.hawaii.edu

jmaute@keck.hawaii.edu

pstomski@keck.hawaii.edu

peterw@keck.hawaii.edu





# CONTROL DE CALIDAD EN LA INDUSTRIA DE LA AUTOMOCIÓN

J.A. Chávez, J. Bosch, M. García

**P**resentamos nuestra experiencia en el desarrollo de un equipo de verificación para cuadros de automoción. El equipo ha sido concebido con una gran flexibilidad tanto en el hardware como en el software. Es amigable con el operario ya que requiere una mínima formación y a su vez es puede ser programado por

repetibilidad, y reducción de la tensión del operario.

## 1. Introducción.

La Normas de Calidad de reciente implantación en nuestra industria, por ejemplo la serie de normas ISO 9000 [1], incluyen controles de calidad cada vez más riguro-

na sea mínima. Esta automatización también permite el control de una gran cantidad de información que es vital en el control del proceso de producción.

Por otro lado, la variada gama de productos que una empresa debe manufacturar en sus líneas comporta la utilización tanto de células de fabricación como de unidades de

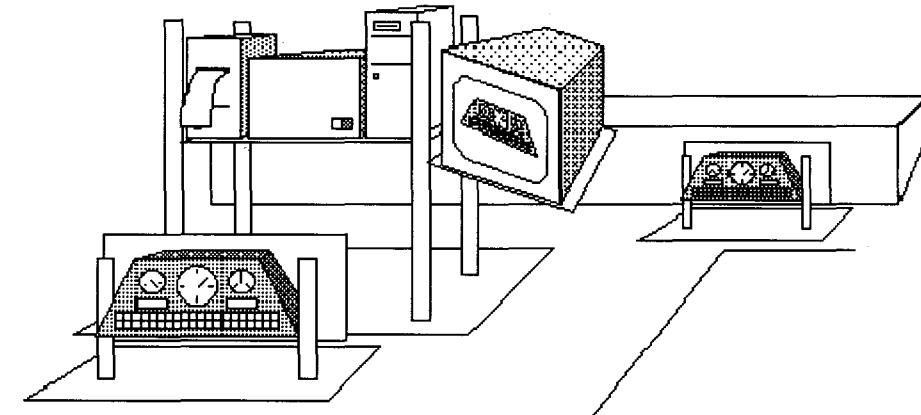


Figura 1. Estación de trabajo para un operario y cadena de montaje.

el administrador del sistema cada vez que se deseé añadir un nuevo modelo de cuadro. El equipo, actualmente en funcionamiento, ha supuesto el aumento de la productividad del operario, disminución del tiempo de testeo, mayor rigurosidad en las pruebas que exigían los clientes, mayor control y

sos. Estas normas implican una gran fiabilidad y el uso de técnicas estadísticas de control. Por ello, tanto para conseguir que la verificación tenga un alto grado de repetitibilidad como un coste reducido, se tiende a realizar la verificación mediante sistemas automáticos donde la intervención huma-

verificación flexibles: en nuestro artículo describimos la concepción y la realización de un Sistema Experto para Verificación y Control de Calidad que en este caso se ha aplicado a líneas de fabricación de equipos electrónicos para la industria de la automoción.

## 2. Definición del sistema.

El sistema planteado [2] se ha pensado teniendo en cuenta que debe integrarse en la línea de producción como un paso más en la fabricación del producto, fig. 1. Las características fundamentales que

JUAN ANTONIO CHAVEZ está realizando el doctorado en el Departament d'Enginyeria Electrònica de la UPC, en la línia de espectrometria de infrarrojos.

J. BOSCH es profesor en la Escola Universitària Politècnica del Baix Llobregat.

MIGUEL GARCIA HERNANDEZ es profesor de la UPC. Dentro de la línia de sensores y sistemas está especializado, entre otros, en la espectrometria de infrarrojos y en ultrasonidos.

ha de cumplir el sistema de verificación son:

- o Amplia gama de equipos a verificar cubierta.* Dentro de las tendencias actuales de flexibilidad de producción, el sistema ha de estar preparado para verificar una gran cantidad de equipos de características diferentes. Esto provoca que el verificador sea:

- Programable.
- Ampliable.
- Adaptativo.
- Modular.

*o Control estadístico.* Se han de medir y guardar todas aquellas variables que sean interesantes para el control estadístico tanto del proceso como de la producción. Todos estos datos se gestionan desde el Departamento de Control de Calidad de la empresa.

*o Ayuda al operador.* El sistema debe ser amigable hacia el

operador, que no debe encontrar ninguna dificultad respecto a la verificación manual que realizaba hasta la fecha. Es más, debería reducirse considerablemente la dificultad de uso de forma que

lento que el control manual. Además el tiempo de verificación ha de ser predecible y repetible.

Todas estas características se han desarrollado sobre un sistema modular como el descrito en la fig. 2.

Se puede observar el esquema de un puesto de trabajo compuesto por la estación de trabajo que contiene la electrónica y la mecánica necesaria para el análisis de datos, la intercomunicación con el operador y la conexión con el control de planta. También está presente el módulo de testeo que contiene el equipo a testear.

El proceso de verificación se podría resumir de la siguiente forma:

1. Llega el módulo a testear, que circula por la línea de producción, a la estación de trabajo. Si hay más de una estación de trabajo se suele programar la cadena de for-

*Este tipo de sistema descarga al operario de tareas rutinarias y por tanto evita el fallo por cansancio, por lo que es posible aumentar el ritmo de producción y consecuentemente la productividad.*

disminuya el número de fallos posibles.

*El equipo ha sido concebido con una gran flexibilidad tanto en el hardware como en el software*

- o Control de planta en tiempo real.* En ningún caso el control automático puede ser más

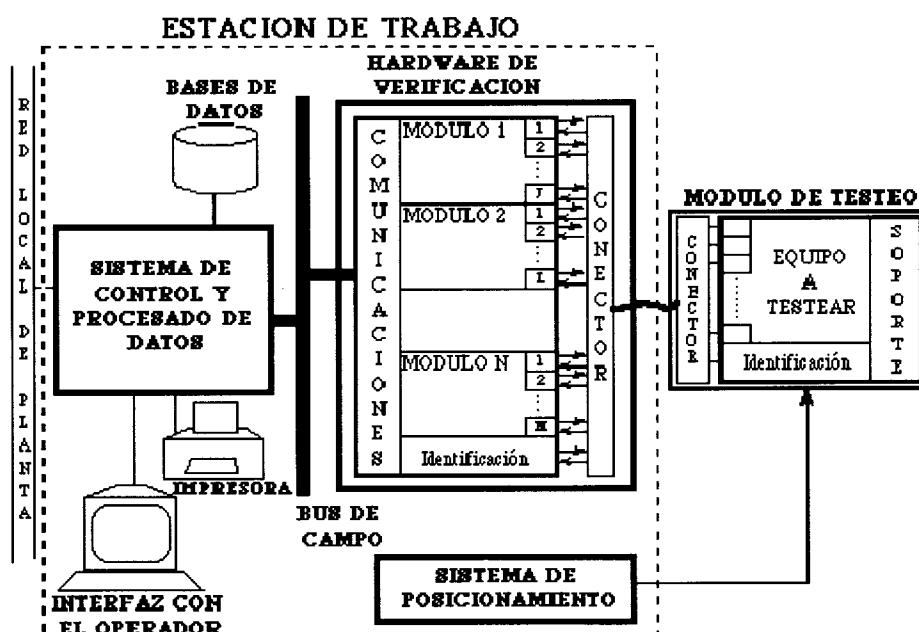


Figura 2. Estación de trabajo autónoma para un sistema de control de calidad.



ma que se reparten los cuadros por tipos en cada estación de forma que no varíe excesivamente los tipos de cuadro con el tiempo. Esto beneficia al operario ya que le permite retener fácilmente en su memoria las características de los cuadros.

El módulo de testeo se compone de un chasis sobre el cual se monta el cuadro, un sistema de identificación programable que permite cambiar el tipo de cuadro que transporta el chasis sin ninguna modificación física.

2. Se posiciona el módulo y se conecta a la estación de trabajo. Un sistema de aire comprimido conecta el hardware de verificación al módulo de testeo.
3. Se reconoce automáticamente el tipo de equipo a testear.
4. El sistema comienza la verificación informando al usuario mediante una representación en pantalla del equipo que se testeará. Ver fig. 3.
5. Se realiza el test de forma automática, manual o mixta si así lo desea el operario. Ver fig. 4.
6. Se genera una etiqueta de validación o error que el operario se encarga de adherir al cuadro. Ver fig. 5.
7. Se guardan los datos de la verificación. Los datos guardados permiten, en el caso

que sea necesario, reconstruir totalmente cada paso de verificación.

8. Se libera el módulo de testeo para que vuelva a la línea de producción.

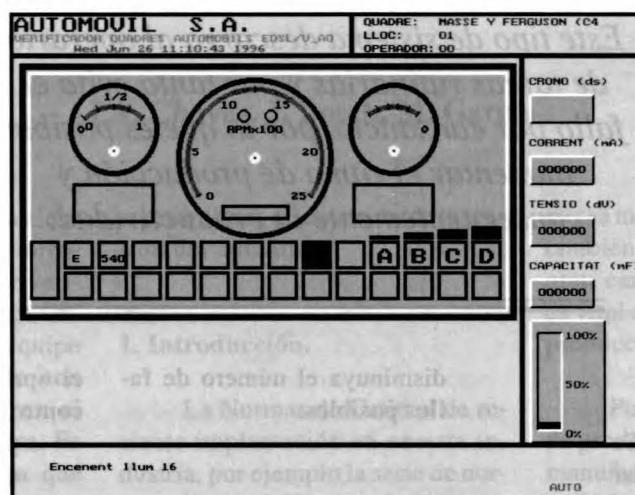


Figura 3. Pantalla de trabajo.

Si en cualquier momento el equipo detecta una anomalía se detiene el test automáticamente. El operario puede detener el test manualmente. En ambos casos apa-

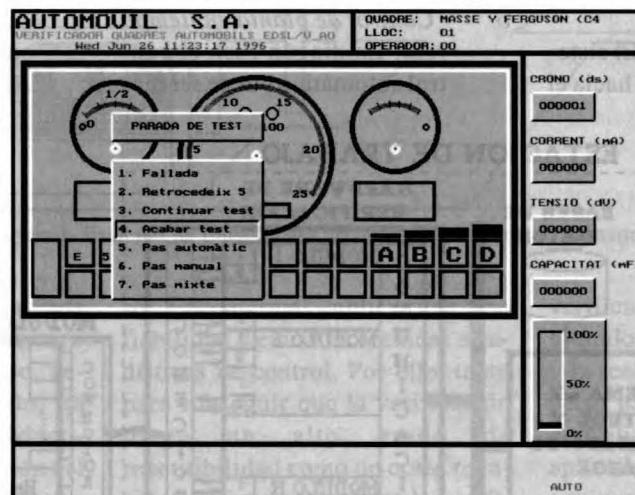


Figura 4. Menú de parada de test.

rece un menú de error como el de la fig. 6.

A continuación se describirán detalladamente las características específicas de un puesto de trabajo.

### 3. Descripción detallada de una estación de trabajo.

Un puesto de trabajo consta de:

*o Sistema de posicionamiento* que se encarga de detectar la llegada de un módulo de testeo, posicionarlo y conectarlo con el hardware de verificación.

*o Hardware de verificación* que se encarga de identificar y realizar las operaciones sobre el equipo a testear. Esta operaciones serían, básicamente, inyectar señales, leer resultados, verificar algunos resultados, controlar tiempos y proteger el equipo a testear ante imprevistos. Y comunicar los resultados al sistema de control para ser procesados.

*Sistema de control y procesado de datos:* que manda las órdenes necesarias al hardware de verificación para testear el equipo y controla los periféricos de entrada/salida de datos y de interfaz con el operario.

*o Interfaz con el operador:* pantalla de vídeo que refleja en cada paso el punto en que se encuentra la verificación, simulando el resultado que debería obtenerse en el módulo de testeo.

*o Bases de datos:* que almacenan tanto los datos de todos los posibles módulos de testeo como los resultados de las verificaciones.

*Impresora de etiquetas:* que ofrece una etiqueta de validación o de error que se colocará en el equipo para su posterior clasificación.

### 3.1 Sistema de control y procesado de datos.

El sistema de control ha sido desarrollado sobre un PC486 en lenguaje C, escrito en forma modular y siguiendo la filosofía de máquina de estados para obtener una gran robustez de ejecución, así como el control temporal necesario tanto de las órdenes de verificación como de las comunicaciones.

Este sistema se encarga de:

- o Elegir las bases de datos pertenecientes al tipo de módulo de testeо que haya llegado por la línea de producción.
- o Mandar las órdenes de verificación al hardware de verificación. Si está en modo automático se hará secuencialmente según lo programado en la base de datos. Si está en modo manual el operario toma el control de secuenciación, lo cual le permite repetir secuencias de test para afinar la diagnosis de los problemas. También hay la posibilidad de trabajar en modo mixto, en este caso el programa pasa de modo manual a automático según lo programado en la base de datos. Este modo es muy útil cuando el cuadro necesita un ajuste (calibración) con tiempo no definido previamente.
- o Dibujar en la pantalla lo que debería ser el resultado de la orden para que el operador

pueda realizar una comprobación visual del resultado, y en caso de no coincidir detener el test y apuntar el error.

- o Recibir del hardware de verificación datos sobre el re-

- o Mandar a la impresora la orden, formateada adecuadamente, de imprimir la etiqueta de validación o de error.

### 3.2 Hardware de verificación

El hardware se ha diseñado en módulos independientes, cada uno con su propio procesador. Cada módulo se encarga de una serie de operaciones básicas cuyos parámetros son controlables por el sistema de control mediante un bus de campo.

Concretamente, primero se caracteriza el equipo que se desea testear. Normalmente el equipo electrónico está compuesto por una serie de componentes que se

pueden agrupar en conjuntos de similares características. Por ejemplo, en nuestro caso testeábamos cuadros de automoción, compuestos por luces, relojes, displays, contadores, etc. Incluso dentro de estos grupos habría subgrupos diferenciados.

Una vez conocidas las características de los posibles componentes a testear, se ha de saber las pruebas que ha de pasar el equipo. Normalmente las suele dictar el cliente en función a las normas de calidad que se le exigen.

Todo esto nos llevó a asociar a cada módulo el testeо de varios componentes pertenecientes a un grupo distintivo: habrá un módulo o varios que testearan las luces, uno o varios que testearan los relojes, etc.

Cada módulo tiene su propia identificación para comunicarse con

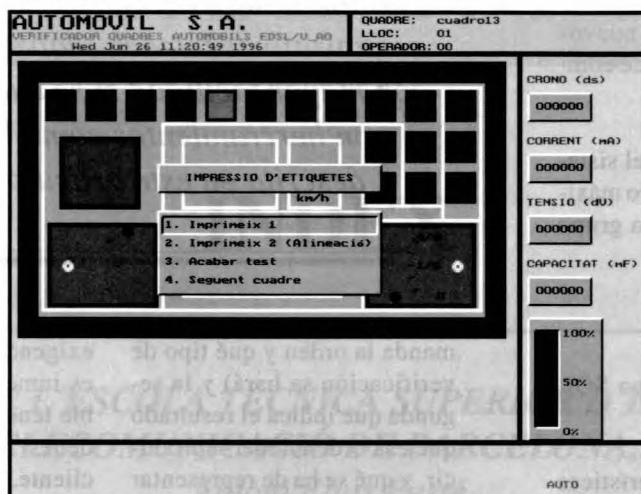


Figura 5. Menú de etiquetas.

sultado de la orden como: corriente, tensión, frecuencia, tiempo, etc, que son utilizados por el sistema de control para detectar fallos que el operador podría pasar por

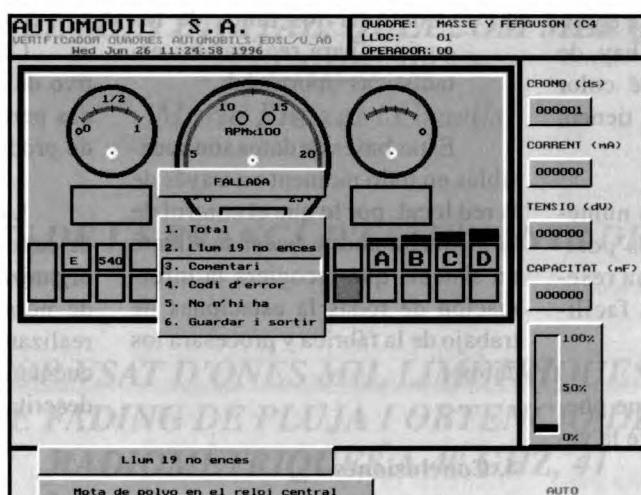


Figura 6. Menú de error.

alto. Este tipo de fallos se presenta en pantalla para que el operador tenga constancia y pueda certificarlos.

- o Grabar los resultados en las bases de datos SQL de resultados y error.



el sistema de control por lo que pueden haber tantos módulos de verificación como sean necesarios.

La salida de los módulos está agrupada en un conector donde cada pin estaría caracterizado. El encargado de mantenimiento del sistema debe conocer esta distribución de pines para poder introducir nuevos equipos con distribuciones de componentes diferentes.

La única limitación del sistema vendrá dada por el número máximo de componentes de cada grupo que pueda testear.

### 3.3. Bases de datos.

Las bases de datos tipo SQL se utilizan para:

- o Describir las características de cada equipo que se ha de testear. Estas son:

- Características físicas para poder simular en la pantalla las reacciones que debería tener el equipo ante las órdenes de verificación y que sirve de guía al operario. Por ejemplo cuántas luces hay, de qué tipo son, qué color tienen, qué forma tienen, etc.
- La identificación numérica de todos los posibles equipos y una reseña de texto para facilitarla.
- Posibles fallos que pueden ocurrir durante la verificación.

- o Almacenar la secuencia de órdenes de verificación de cada equipo. Estas órdenes se ejecutan secuencialmente según están dispuestas en la base de datos. Su configuración es tal que se puede programar fácilmente por el encargado de mantenimiento del sistema con un editor de bases de

datos o un editor ad hoc. Estas órdenes tienen dos partes diferenciadas: una que indica qué acción deberá realizar el hardware (a qué módulo se

El sistema permite añadir un módulo de Visión Artificial que podría substituir el control visual del operario.

*La implantación de normas de calidad tanto de producto como organizativas pueden realizarse con mayor facilidad si se cuenta con herramientas como la descrita en este artículo*

L a programación del test de verificación es sencilla y se realiza en una base de datos, por lo que si debe cambiarse el test por cualquier

exigencia del cliente la operación es inmediata. También sería posible tener diferentes ficheros de órdenes de verificación para cada cliente, todo ello sin necesidad de modificar el hardware.

manda la orden y qué tipo de verificación se hará) y la segunda que indica el resultado que esa orden debería producir, y qué se ha de representar en la pantalla.

- o Guardar los resultados de las verificaciones: corrientes, tensiones, valores óhmicos, frecuencias, tiempos, etc., que se han medido en cada orden.
- o Controlar los fallos de los equipos para realizar las estadísticas oportunas.

Estas bases de datos son accesibles en todo momento a través de la red local, por lo que el control de la planta se podría hacer mediante un sistema que recogiera la información de todas las estaciones de trabajo de la fábrica y procesara los datos.

Este tipo de sistema descarga al operario de tareas rutinarias y por tanto evita el fallo por cansancio. Por lo que es posible aumentar el ritmo de producción y consecuentemente la productividad.

Con el conocimiento exhaustivo de todas las variables verificadas permite el control del proceso de producción.

La implantación de normas de calidad tanto de producto como organizativas, por ejemplo la serie de normas ISO 9000 [1], pueden realizarse con mayor facilidad si se cuenta con herramientas como la descrita en este artículo.

## 4. Conclusiones

Se ha conseguido un sistema muy versátil basado en la modularidad en todas las jerarquías. El sistema puede constar de diversas estaciones de trabajo que a su vez pueden tener tantos módulos de testeo como sean necesarios. Esta concepción modular lo hace de coste bajo y por tanto asequible a la pequeña industria.

## Referencias

[1] UNE-EN-ISO 9001:1994. «Sistemas de calidad. Modelo para el aseguramiento de la calidad en el diseño, el desarrollo, la producción, la instalación y el servicio posventa». AENOR. 1994.

[2] ELECTRO DISSENY. «Sistema Verificador de Cuadros. Manual técnico». 1995.



# 25 ANYS DE L'ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ DE BARCELONA.

Antoni Elias Fusté

**L**'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona es creà pel Decret 2484/1971, de 17 de setembre, essent rector de la Universitat Politècnica de Catalunya (Universitat Politècnica de Barcelona aleshores) el Dr. Víctor de Buen Lozano. El primer director fou el Dr. Ricardo Valle Sánchez, les classes s'iniciaren el 23 de novembre de 1971 amb la impartició dels ensenyaments corresponents a primer i segon curs de l'únic pla d'estudis d'enginyeria de telecomunicació llavors existent en tot l'Estat espanyol, el pla d'estudis de 1964.

La primera ubicació de l'ETSETB fou a Terrassa (Rambla d'Egara, 331), en un edifici destinat a ser l'Escola de Mestratge Industrial, però el ràpid creixement d'estudiants i professors en els cursos acadèmics següents va fer que l'escola hagués d'ocupar més espais, així que també es donaren classes a l'edifici de l'actual Escola Universitària d'Enginyeria Tècnica Industrial de Terrassa. L'estiu de 1974 l'ETSETB es traslladà a Barcelona, a un edifici cedit per la Diputació Provincial, carrer Baixa de Sant Pere n. 7. Com que continuava el creixement d'estudiants, en el curs acadèmic 75-76 calgué ocupar també algunes aules

de l'Escola d'Arquitectura de Barcelona i s'habilitaren uns pavellons a l'altre costat de la Via Laietana (les anomenades coves).

Cinc anys de funcionament, dues promocions d'enginyers de telecomunicació i encara no hi havia un edifici per a l'ETSETB. L'estiu de 1978 l'ETSETB torna a traslladar-se, ara a un edifici prefabricat que es basteix a Pedralbes en el carrer Jordi Girona (edifici TL), aquí l'ETSETB hi romanrà fins l'any 1992 tot i que com escola, també en aquesta ubicació, el creixement obligà a cercarmes espais, els professors d'electrònica, organització i anglès, van anar a l'edifici «bolet», els

de física a l'edifici «xalet» i els de teoria de circuits i servomecanismes a l'edifici «platjan», tots ells als jardins de Torre Girona. L'administració de l'ETSETB es trasllada a la seva seu definitiva, a l'edifici B-3 del Campus Nord de la UPC, el mes de juny de 1992. Cal dir, però, que la migració cap a aquesta ubicació definitiva es va anar fent de forma gradual, primer es va traslladar una part del departament de Teoria del Senyal i Comunicacions (edifici D-5, juny de 1989) i en el curs 89-90 ja es van emprar els aularis A1 i A2 del Campus Nord. Aquest «exòde» cap al campus no ha finalitzat fins a la

tardor de 1996 amb el trasllat de la Secció d'Organització d'Empreses i el de la Biblioteca de l'ETSETB a l'edifici Biblioteca Rector Gabriel Ferraté. Tot plegat 25 anys, els mateixos que celebrem de la fundació de l'escola.

En tot aquest temps han canviat moltes coses: l'entorn polític, el nom de la universitat (ara és UPC, abans era UPB) i el de l'escola (ara és escola

*El primer  
director fou el  
Dr. Ricardo Valle  
Sánchez, les  
classes  
s'iniciaren el 23  
de novembre de  
1971*

d'enginyeria, abans era escola d'enginyers). La nova legislació universitària amb l'aparició i l'aplicació de la Llei de reforma universitària (LRU, 1984) creà els departaments i va obligar la reforma dels plans d'estudis. També ha canviat la dependència de les universitats públiques, ara les universitats són una competència transferida a les comunitats autònombes.

La creació dels departaments, si bé ha propiciat l'intercanvi de professors i centres, també ha estat responsable d'una certa desmembració de les escoles, sobretot de centres que com l'ETSETB s'estaven consolidant dins d'un creixement fortíssim. Ara, quan sembla que l'ETSETB té la seva ubicació definitiva, tothi que distribuïda dins del Campus Nord, potser és l'hora de retrobar-la, aprofitant els avantatges que un campus ofereix, el creixement dels estudiants remet amb el pla nou i

ANTONI ELIAS FUSTÉ és professor de departament de Teoria del Senyal i Comunicacions de l'ETSETB.

es preveu una grandaria de 2700 estudiants en règim permanent, Ara, per tant, cal retrobar l'espiritu d'escola, cal que tots, professors, estudiants, personal d'administració i serveis i titulats de l'ETSETB ens tornem a sentir part d'aquest gran i important centre que és l'ETSETB.

En aquests 25 anys, l'escola ha passat de 120 estudiants a 2700, de 17 a 240 professors i de 4 persones d'administració i serveis a 40 (sense comptar els que treballen en els departaments). L'ETSETB ha crescut, s'ha consolidat com un dels centres de formació capdavanters del país, el primer en l'àmbit de les tecnologies de la informació i les comunicacions. En el claustre de professors actual, hi ha acadèmics de l'Acadèmia d'Enginyeria d'Espanya, medallistes Narcís Monturiol als mèrits en recerca i desenvolupament, el medalla Jaume Vicens Vives al mèrit docent, membres de l'Institut d'Estudis Catalans i, molts professors són representants del país en diferents fòrums europeus i internacionals del sector de la telecomunicació i l'electrònica. Els nostres estudiants són apreciadíssims en tots els centres estrangers (35 centres) amb els que tenim intercanvi, més de 200 estudiants/any fan un mínim de 500 hores de pràctiques en empreses de producció i serveis del sector (més del 60% dels titulats), i els nostres enginyers estan exercint la professió arreu del món amb prestigi. Aquí a Catalunya, han creat empreses i han ajudat a mantenir i innovar la indústria electrònica que a la fi dels anys setanta va haver de superar una crisi fortíssima.

Amb la celebració del 25è aniversari, l'ETSETB estrenarà lema: «UNDATIM INTEXTU NODAT», *teixim la xarxa d'enllaç*. En llatí, perquè les paraules tenen més matisos (teixir, crear proporcionar, dissenyar, ), en qualsevol cas, el lema recull la vocació i la voluntat de servei a la humanitat de l'enginyeria de telecomunicació, i l'espiritu d'aprenentatge, docència i

recerca de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona.

Totaixò ha estat gràcies al esforç de tots; dels professors, del personal d'administració i serveis i també dels estudiants. En el decurs de la carrera professional, els que hem estat alumnes de l'ETSETB ens hem adonat que a l'escola hi varem passar alguns dels millors anys de la nostra vida i també que hi vam deixar companys, amics, i algun Mestre en l'accepció més clàssica de la paraula Mestre.

## *En aquests 25 anys, l'escola ha passat de 120 estudiants a 2700, de 17 a 240 professors i de 4 persones d'administració i serveis a 40*

### **Algunes dades de l'ETSETB (octubre 1996)**

#### **Titulacions:**

• Enginyeria de la Telecomunicació  
• Enginyeria Electrònica

L'unic centre de Catalunya que imparteix el segon cicle d'Enginyeria de Telecomunicació. 350 enginyers i enginyeres titulats per any acadèmic.

#### **Laboratoris docents:**

32 laboratoris completament equipats (grups de 20 estudiants de 1r. cicle grups de 15 estudiants de 2n. cicle i 2 estudiants per lloc de treball).

Grups de classe de teoria màxim de 80 estudiants de 1r. cicle i de 60 estudiants de 2n. cicle.

#### **Professorat:**

240 professors dels quals 138 són doctors.

40 persones d'administració i serveis

#### **Investigació:**

1.957 milions de pessetes en projectes i convenis de recerca i desenvolupament en els darrers 3 anys.

1.580 publicacions científiques (llibres, articles a revistes internacionals, ponències a congressos i conferències internacionals) en els darrers 3 anys.

### **Relacions Internacionals:**

Acords de doble titulació (cursant 3 quadrimestres) amb:

- École Nat.Sup. des Télécommunications de Paris (França)

- École Nat.Sup. des Télécommunications de Bretagne (França)

- Politecnico de Torino (Itàlia)
- Politecnico de Milan (Itàlia)

(Actualment es fan converses per estendre aquests acords de doble titulació amb la Universitat de Duke (Carolina de Nord.EUA), amb l'Institut Eurecom (Niça.França) i amb el Kungl Tekniska Högskolan Estocolm.Suècia).

65 intercanvis Erasmus amb 35 universitats europees (11 països).

### **Relacions amb empreses**

Acords de cooperació educativa amb 70 empreses i amb més de 200 estudiants/any de pràctiques.

Centre pilot (curs 94-95) d'avaluació europea de la qualitat a l'ensenyament superior.

#### **Associacions:**

La nostra Escola té una gran riquesa d'activitats extraacadèmiques, la qual es fa palesa en la varietat d'associacions promogudes bàsicament pels estudiants:

Barcelona Jove Telecom (BJT)  
Grups d'Escacs L'ETSETB  
Club Esportiu Telecos (CET)  
Club de Refocilo  
Serveis Telemàtic de Telecos  
(ST-Telecos)

Associació de Radioaficionats  
Grup de Debat i Reflexió  
Delegacions de la IAESTE  
Branca d'Estudiant IEEE  
Associació Best  
Revista DISTORSIÓ  
Capítol d'Estudiants  
AEES'estudiants.  
Delegació d'Alumnes  
Telecomunicació  
Tuna de Telecomunicacions

Al llarg de l'any també s'organitzen actes amb finalitat professional, como ara el FÒRUM, o amb finalitat lúdica, como ara la TELECOGRESCA.





# PROGRAMANT SUPERCOMPUTADORS

Jordi Garcia Almiñana

Estem vivint un moment històric en plena revolució tecnològica. Durant la dècada dels 40 i amb l'influència de la Segona Guerra Mundial, es van començar a desenvolupar els primers computadors orientats a executar de forma eficient aplicacions numèriques relacionades amb càlculs militars. Actualment aquestes màquines es denominen supercomputadors, i el seu objectiu és executar a la màxima velocitat possible aplicacions que requereixen gran quantitat d'operacions numèriques sobre estructures de dades molt grans. La supercomputació és un tema estratègic de recerca per a països com els Estats Units, el Japó, i darrerament també ho és a Europa.

L'objectiu d'aquesta col.laboració no és, ni molt menys, donar un curs complet ni tampoc incomplet de com es programa un supercomputador. El que es pretén és il·lustrar el tipus de problemes amb els que un programador es pot trobar a l'hora de programar una d'aquestes màquines, i descriure quina direcció segueix la recerca actual dins d'aquest camp per a tractar els problemes descrits.

L'estructura de la resta de l'article és la següent. Inicialment es descriu l'evolució dels supercomputadors provocada per la gran demanda de potència de càlcul en les aplicacions actuals. Es dóna una idea dels diferents tipus d'arquitectura, i

quines limitacions té cada un. A continuació s'introdueix, mitjançant exemples, la problemàtica de programar aquest tipus de màquines, amb especial interès en els sistemes que ofereixen la possibilitat de paral·lelitzar. Finalment es dóna una visió de quin tipus d'eines automàtiques es necessita per donar suport al programador, i quin és l'estat actual en relació a aquestes necessitats.

## 1. Arquitectura dels Supercomputadors

Avui en dia els supercomputadors executen models matemàtics que reemplacen els experiments físics. Els túnels de vent es converteixen en simulaçió aerodinàmica, el disseny de cotxes es basa en computadors gràfics per comptes d'en prototipus. Els models basats en computadors són el nucli de recerca actual sobre modelatge climatològic, tecnologia genètica o enginyeria aeroespacial, per citar alguns exemples.

tres dimensions. Aquest avanç és el resultat de la unió estreta de diferents àrees de recerca, tals com aplicacions, models numèrics, llenguatges d'alt nivell, compiladors, sistemes operatius, arquitectura, i disseny de la circuiteria bàsica.

La tecnologia que s'utilitza per fabricar els processadors que apareixen en les màquines d'altres prestacions, però, està arribant al límit físic de la velocitat de la llum. Encara que els components d'un processador assolissin aquesta velocitat, no es podrien executar més que alguns

milions d'instruccions per segon. Per poder aconseguir millors significants en aquesta velocitat, els dissenyadors de sistemes centren els seus esforços en l'arquitectura. Básicament es coneixen dues tècniques per a aquesta finalitat: la segmentació i el paralelisme.

La segmentació consisteix en descomposar les operacions en un nombre N d'etapes, cada una de les quals s'executa en un cicle de rellotge. Quan una instrucció passa a executar una etapa determinada, la següent instrucció ja pot començar a executar l'anterior, i així per totes les altres etapes. D'aquesta forma, en cada instant hi pot haver N instruccions executant-se simultàniament, i en cada cicle finalitza l'execució una instrucció. Els processadors que incorporen aquesta tècnica s'anomenen

JORDI GARCIA ALMIÑANA és professor del Departament d'Arquitectura de computadors i sistemes operatius a l'ETSETB

*processadors escalars segmentats.* Malauradament, el nombre de fases en les que es pot descomposar una instrucció està molt limitat. Una variant de la segmentació és la vectorització, que consisteix en afegir al llenguatge màquina del processador instruccions que operen sobre vectors (instruccions vectorials), donant nom als *processadors vectorials*. La vectorització consisteix en executar la mateixa operació sobre cada un dels elements d'un vector a una freqüència d'una operació per cicle, reduint així la càrrega d'actualitzar els comptadors i punters a cada iteració del bucle.

La següent tècnica que permet millorar la velocitat d'un supercomputador es coneix com a paral.lelisme, i es basa en la rèplica

de les unitats funcionals del processador, o en la rèplica dels processadors del sistema. Totes les unitats funcionals o els processadors col.laboren, preferiblement a parts iguals, en l'execució de l'aplicació. Segons aquesta classificació i com a exemple de processadors amb varies unitats funcionals, es pot distingir entre els *processadors superescalars* i els *processadors Very Long Instruction Word*. Els primers poden iniciar l'execució de varies instruccions per cicle, sempre i quan es detecti que les operacions es poden executar de forma independent. Per altre banda els processadors VLIW tenen instruccions llargues formades per un nombre fixe d'instruccions senzilles, les quals són empaquetades per un compilador.

El baix cost que assoleixen els microprocessadors descrits anteriorment, permeten la construcció de màquines amb múltiples processadors. Es pot distingir entre els *processadors en array*, els sistemes *multiprocessadors amb memòria compartida*, i els sistemes *multiprocessadors amb memòria dis-*

*tribuida*. Els processadors en array estan orientats a l'execució eficient d'operacions sobre vectors, i consten d'un gran nombre de processadors senzills que executen una mateixa operació sobre diferents elements d'un vector. Aquests processadors estan connectats a un processador escalar de propòsit general que controla l'execució de l'aplicació en tot el sistema. Els sistemes multiprocessadors amb memòria compartida estan formats per un conjunt de processadors molt ràpids, els quals accedeixen a la mateixa memòria a través d'una xarxa d'inter-conexió. En aquest tipus d'arquitectura, els processadors poden treballar de forma conjunta per a resoldre l'aplicació més ràpidament, o cada un d'ells pot executar el seu propi programa. Per motius tecnològics, el nombre de processadors

que poden compartir la memòria no pot ser gaire elevat (fins a 16 o 32), ja que resulta difícil que una sola memòria pugui subministrar dades a un nombre elevat de processadors a una velocitat raonable. És per aquest motiu que prenen importància els sistemes multiprocessadors amb memòria distribuïda, també coneguts com a *processadors massivament paral.lels*, els quals poden arribar a conectar milers de processadors, cada un dels quals amb la seva pròpia memòria. A més, es poden utilitzar els processadors més avançats del moment sense necessitat de fer dissenys específics i carregats, i el nombre de processadors del sistema es pot escalar fàcilment en funció de les necessitats de l'usuari. Per a que un grup de processadors col.labori en l'execució d'una aplicació, els processadors intercanvien informació mitjançant una xarxa d'interconexió a través de la qual envien i reben missatges. Normalment, però, el temps d'espera en rebre un missatge és una o varies ordres de magnitud més elevat que el temps d'accés a la pròpia memòria. Per tant, tot i el potencial

teòric que pot arribar a tenir aquest model d'arquitectura, és una qüestió clau el saber distribuir correctament el càlcul i les dades entre les memòries dels processadors, de forma que tots executin aproximadament el mateix nombre d'operacions, i que les dades requerides per aquests es trobin a la memòria local de cada processador.

Una descripció molt més detallada de tots aquests sistemes es pot trobar a [1].

## 2. Programació de Màniques Paral.leles

Si es vol explotar el potencial d'aquests tipus de sistemes, els programes s'han d'escriure de forma que aprofitin o utilitzin al màxim cada un dels aspectes particulars de cada arquitectura. Normalment, els llenguatges de programació per a supercomputadors ofereixen al programador sentències o directives que permeten especificar com s'ha d'executar el programa per a que aquest sigui més eficient. Així doncs, quan s'escriu un programa per a un sistema multiprocessador amb memòria compartida, s'ha d'estructurar el programa de forma que les diferents operacions que s'han d'executar es puguin repartir fàcilment per el conjunt de processadors del sistema, i de forma que cada un d'ells pugui realitzar el seu càlcul amb paral.lel amb els altres processadors. Si el multiprocessador té la memòria distribuïda, a més del càlcul, també s'han de distribuir les dades entre les memòries de cada processador. L'objectiu d'aquesta secció és donar una visió general que quins aspectes s'han de tenir en compte al escriure un programa per a una màquina paral.lela.

### 2.1. Distribució del càlcul

Hi ha varis formes de descomposar el càlcul d'un programa científic. Per una banda es podria partir el programa per les diferents tasques que realitza, cada una de les quals formada per un conjunt de bucles, de forma que cada una d'elles s'assignaria a cada processador. El problema és que de vegades una



aplicació no té un nombre suficientment gran de tasques per a poder assignar treball a tots els processadors, o que les tasques no són independents del tot, de forma que quan un processador treballa, els demés s'han d'esperar a que aquest acabi per a poder començar.

Per altre banda, les aplicacions científiques acostumen a utilitzar estructures de dades molt grans, les quals han de ser tractades repetidament dins de bucles. En aquest tipus d'aplicacions, els bucles representen la part computacional més important del programa. El paral·lelisme de dades consisteix en partir els bucles dels programes de forma que cada processador executi un conjunt de les iteracions. Per exemple, el següent fragment de codi:

#### *Exemple 1:*

```
do i = 1, 40
  do j = 1, 40
    A(i, j) = A(i, j) + 1
  enddo
enddo
```

podria ser paral·lelitat assignant les iteracions del bucle *i* a diferents processadors. En aquest cas els processadors aniran recorrent simultàniament diferents files de la matriu A. El codi que expresa aquesta estratègia de paral·lelització serà del tipus:

```
forall i = 1, 40
  do j = 1, 40
    A(i, j) = A(i, j) + 1
  enddo
endforall
```

Però no sempre es pot paral·lelitzar el bucle que es vol, i de vegades inclús no es pot paral·lelitzar cap bucle sense transformar el codi. Per exemple, en el següent fragment de codi:

#### *Exemple 2:*

```
do i = 2, 40
  do j = 1, 40
    A(i, j) = A(i - 1, j) + 1
  enddo
enddo
```

no es pot paral·lelitzar el bucle *i*, ja que per actualitzar la fila *i* es necessita la fila anterior *i*-1. És a dir, per a que el resultat de l'execució sigui correcte, no es pot actualitzar una fila si abans no ha estat actualitzada la fila anterior. En aquest cas es diu que hi ha una dependència en el bucle *i*, i per tant aquest bucle s'ha d'executar respectant l'ordre seqüencial. En canvi si que es pot paral·lelitzar el bucle *j*. En aquest cas, per a cada fila *i* de la matriu A, cada processador podria recorrer en paral·lel diferents parts d'aquesta fila.

Quan tots els bucles tenen dependències hi ha altres tècniques que, transformant el codi, permeten extreure certa paral·lelització. La descripció d'algunes d'aquestes tècniques es pot trobar a [2].

## 2.2. Distribució de les dades

Si el sistema multiprocessador per al qual s'escriu el programa té la memòria distribuïda, una decisió important que s'ha de prendre és a on s'emplacen inicialment les dades. Aquesta qüestió està estretament relacionada amb la paral·lelització del càlcul, ja que en funció de la porció de l'estructura de dades que tingui un processador, serà més adequat paral·lelitzar un bucle o un altre. Generalment aquest tipus de programes segueixen la owner computes rule, és a dir, el processador propietari de la dada que s'ha de modificar és el responsable d'efectuar el càlcul. Si un processador té una dada que necessita un altre processador per a efectuar el seu càlcul, aquests s'han de comunicar mitjançant un missatge enviat per el processador que té la dada cap al processador que ha de fer el càlcul. El temps que tarda aquest missatge en arribar al seu destí és molt més elevat que el temps d'accés a memòria, per tant també s'ha d'intentar minimitzar el nombre d'accisos remots.

Per exemple, assumint que hi ha 4 processadors al sistema, distribuir la matriu A per files significa que cada processador té 10 de les files de la matriu tal i com mostra la següent figura. A nivell de repartició del càlcul

i respectant el owner computes rule, significa que el primer processador és el responsable de recórrer les 10 primeres files de la matriu, el segon processador ho és de les 10 següents files, i així successivament.

Columnes 1..40	
Fila 1 .. 10	P1
11 .. 20	P2
21 .. 30	P3
31 .. 40	P4

Tornant a considerar el codi de l'exemple 2 i assumint que A està distribuïda per files, significa que s'ha de particionar el bucle *i* de forma que cada processador només recorri les 10 files que li correspon. Degut a la dependència en aquest bucle, cap processador no pot començar fins que el processador anterior hagi acabat les seves 10 files. A més, per a que el processador 2 pugui començar a modificar la fila 11, necessita la fila 10, que es troba a la memòria del processador 1. Per tant el bucle s'acabaria executant seqüencialment, amb el retard adicional d'haver d'esperar a rebre una fila sencera del processador anterior. Evidentment en aquest cas la millor alternativa seria partir la matriu A per columnes, de forma que cada processador pugui actualitzar paral·lelament les seves 10 columnes.

Hi ha molts altres aspectes que s'han de tenir en compte al distribuir les dades. Per exemple, segons el següent fragment de codi:

#### *Exemple 3:*

```
do i = 2, 40
  do j = 1, 40
    A(i, j) = B(j, i) + 1
  enddo
enddo
```

la matriu A es pot distribuir tant per files com per columnes.

Però un cop decidit com estarà distribuïda la matriu A, per exemple per files, seria beneficiós adonar-se'n que la matriu B hauria d'estar trasposada respecte a la matriu A, és a dir, per columnes. Si no és així, el codi es podria executar igualment en paral.lel, però hi haurà un cost molt elevat en quant a comunicació, ja que la major part de les dades requerides per un processador per a efectuar el càlcul estan en la memòria d'un altre processador.

### 3. Eines de Suport a la Programació

Hi ha diferents alternatives per aplicar les tècniques descrites en la secció anterior, en funció del grau de coneixement que el programador d'aplicacions té del seu supercomputador. Per una banda podria ser el mateix programador qui decidís l'estrategia de paral.lelització, usant un llenguatge amb construccions que permetin expressar paral.lelisme. Aquesta tasca, però, no acostuma a ser gens fàcil i és propensa als errors. A més, existeixen milions de línies de codi d'aplicacions que inicialment van ser escrites pensant en computadors seqüencials, que haurien de ser adaptades a les característiques del supercomputador.

Una segona alternativa és deixar que sigui el compilador de la màquina qui s'encarregui de detectar i explotar el possible paral.lelisme de l'aplicació. En aquest cas es faria automàticament una reestructuració del codi seqüencial generant un nou codi paral.lel optimitzat per la màquina en qüestió [2]. Actualment, tots els fabricants de supercomputadors ofereixen, junt amb la màquina, el propi compilador optimitzador.

Si a més, el supercomputador té la memòria distribuïda, el pro-

gramador ha de controlar les referències a dades no locals, insertant oportunament les sentències de pas de missatges. La gestió de la comunicació a aquest nivell és molt delicada, els programes resultants són difícils de depurar, i dificulta la portabilitat del codi a altres arquitectures. L'estil de programació resultant es pot comparar a la programació en assemblador d'una màquina seqüencial [3].

Els llenguatges amb paral.lelisme de dades ofereixen al programador la possibilitat d'escriure els programes assumint que les dades són totes globals. El programador només ha d'especificar, mitjançant directives, l'emplaçament de les dades, i el compilador s'encarrega de paral.lelitzar els bucles corresponents i de generar les sentències de pas de missatges a propiades. D'aquesta forma, el mateix codi serveix per a multiprocessadors amb memòria compartida i per a multiprocessadors amb memòria distribuïda. Actualment s'està treballant en definir un estàndard per aquest tipus de llenguatges [4], i comencen a haver compiladors que porten a terme aquest procés, insertant les corresponents crides de pas de missatge al codi inicial segons la distribució de dades especificada.

Encara s'ha de portar a terme molta més recerca en aquest camp per a que els compiladors siguin realment eficients. Malgrat això, el programador és encara qui ha d'especificar l'emplaçament de les dades. Aquesta decisió és molt important, ja que fixa el paral.lelisme de l'aplicació i determina la quantitat d'accisos remots que s'han de portar a terme durant l'execució del programa. La

distribució òptima de les dades depen de l'estructura del programa, del comportament del compilador, i de les característiques de la màquina. Les eines de distribució automàtica de dades [5][6] ajuden al programador en aquesta tasca. A partir de l'anàlisi del codi i tenint en compte certes característiques de la màquina, estimen de forma conjunta l'impacte que tenen les possibles distribucions de dades en quant a paral.lelisme i comunicació. Segons aquest anàlisi, inseren al codi original les corresponents directives de distribució de dades, el qual es compila amb algun dels compiladors descrits anteriorment.

L'èxit final que pugui tenir aquests tipus d'arquitectures dependrà, en bona part, dels resultats que donin les eines automàtiques. La potència de càlcul és avui en dia una realitat, però no servirà de res si no hi ha mitjans per poderprofitar-la.

### Referències

- [1] J. L. HENNESSY, D. A. PATTERSON. *Computer Architecture: A Quantitative Approach*. Second edition. Morgan Kaufmann publishers, San Francisco, CA, 1996.
- [2] M. WOLFE. *Optimizing Supercompilers for Supercomputers*. Research monographs in parallel and distributed computing. The MIT Press, Cambridge, MA, 1989.
- [3] P. J. HATCHER, M. J. QUINN. *Data-Parallel Programming on MIMD Computers*. The MIT Press, Cambridge, MA, 1993.
- [4] C. H. KOELBEL, D. B. LOVEMAN, R. S. SCHREIBER, G. L. STEELE, M. E. ZOSEL. *The High Performance Fortran Handbook*. Scientific and engineering computation series. The MIT Press, Cambridge, MA, 1994.
- [5] E. AYGUADÉ, J. GARCIA, M. GIRONÈS, M. L. GRANDE, J. LABARTA. *DDT: A Research Tool for Automatic data Distribution in HPF*. Published in Scientific Programming, special issue on HPF, 1996.
- [6] J. GARCIA, E. AYGUADÉ, J. LABARTA. *Dynamic Data Distribution with Control Flow Analysis*. In proceedings of Supercomputing'96 conference. Pittsburgh, PA, 1996.





# EXPERTS EN EL MÓN DIGITAL: QUELCOM MÉS QUE SIMPLES TÈCNICS

Maria Freixes i Graells

Actualment, el desenvolupament tecnològic en matèria de telecomunicacions i xarxes informàtiques és el màxim responsable de configurar el futur de la societat: «la societat de la informació». Un s'adona de la magnitud d'aquest fet quan pensa que poques vegades en la història, un concepte s'ha posat en el debat polític tan ràpidament. Apareix pràcticament en qualsevol document, se'n fa referència gairebé tots els dies a la premsa nacional i indubtablement ens empeny a viure uns canvis que ens afecten a tots els nivells: en la manera de treballar, de pensar, de relacionar-nos dins la societat... Per això, com a ciutadans, amb certa freqüència ens preguntem pel contingut real del concepte «societat de la informació» i sobre la component futurista i ideològica de l'expressió, sospitosa d'amagar foscos interessos polítics i econòmics. Com a tècnics, treballem per una nova forma de creixement del país: «l'economia de la informació», que posa a l'abast de qualsevol, en qualsevol temps i lloc, l'accés a gigabytes de dades de tot tipus. La transformació de la matèria (fonament de la societat industrial) es substitueix pel tractament i elaboració de la informació com a font de l'activitat productiva. Però aquesta segona

visió, no respon a les inquietuds manifestades de la primera, la informació ha estat sempre un material difícil de tractar, la mesura de la seva quantitat, del seu preu, la seva integració en el producte nacional brut, ens porta immensos problemes als tècnics, que hauran de ser alhora lingüistes, físics, pedagogs, per integrar correctament la informació en l'evolució del món.

## El Teleensenyament

Alguns tècnics treballen per a que l'ensenyament a distància - estudiants assistint a classe des de l'ordinador de casa seva- sigui el paradigma dominat en l'educació del futur, es tracta d'un ensenyament no presencial que solucionarà els problemes de superpoblació a les aules, degut a que les universitats han arribat al límit de la seva capacitat.

Però aquest projecte tècnic, porta inherent una necessitat de reestructuració del patró educatiu, els professors han de deixar de ser conferenciants i han de passar a ser una espècie d'en treinadors d'estudiants, per tal de guiar els estudiants sobre com accedir al coneixement i organitzar-lo, perquè l'aprenentatge no s'aconsegueix només tenint accés a la informació. D'altra banda, els estudiants han de ser més actius que fins ara, hauran de prendre decisions sobre

les informacions a les que volen accedir i sobre si profunditzar en elles o no.

La Universitat Oberta de Catalunya (UOC), n'és un admirable exemple, constitueix una organització d'aquestes característiques a través del seu campus virtual basat en modernes infraestructures de comunicació.

## La Telemedicina

Un altre camp d'actuació com a tècnics en l'ús eficient de les Tecnologies avançades de la Informació i la Comunicació és el de millorar la qualitat de l'atenció sanitària. L'objectiu principal del projecte és desenvolupar una arquitectura comú de dades lògiques, aplicables i acceptables en variis països, a ordenadors personals i a entorns de mitjans de comunicació i clínics.

*El teleensenyament  
solucionarà els  
problemes de  
superpoblació a les  
aulas*

Per exemple, imaginis que d'aquí uns anys viu a Londres i després obté un lloc de treball a Munich. El metge general local al que està adscrit a Londres li facilitarà un disquet amb el seu historial mèdic en

format específic per a que el metge que l'atengui a Munich encara que utilitzi suports físics i lògics diferents pugui tenir el seu històrial en versió alemanya. I si un dia no es troba bé i el seu nou metge li fa una visita, li treu una mostra de sang i l'envia al laboratori local,

MARIA FREIXES i GRAELLS és estudiant de cinquè de telecomunicacions a l'ETSETB.

els resultats seran directament transmesos per la xarxa de telecomunicacions del laboratori al seu metge i aquest podrà donar la prescripció d'un tractament.

Per a tot això, no només cal solucionar moltes incompatibilitats



tècniques, sinó diferències lingüístiques i satisfacer principis estrictes de caràcter professional i ètic. És a dir, les consultes són accions molt personals, si molts professionals de la Medicina accedeixen als historials clínics, la protecció de la confidencialitat dels historials electrònics s'ha de fer efectiva i resulta essencial.

El projecte d'Historial Mèdic Europeu Pràctic (GEHR, sigles en anglès), pretén crear un marc coherent a Europa per l'emmagatzematge i l'accés a la informació sobre l'atenció sanitària.

### El Teletreball

El màxim exponent del treball amb les tecnologies de la informació és el teletreball, que utilitzant com equipament bàsic un PC, un programa de comunicacions, un mòdem i una línia telefònica s'ha convertit en una solució per a la reducció de costos empresarials (espai de treball, mobiliari d'oficina i altres despeses fixes: llum, telèfon,...) i per l'increment de la productivitat personal. Ara bé, la implantació del teletreball no ha de ser forçada, només una feina que es pugui realitzar a distància és susceptible de poder ser realitzada mitjançant el teletreball. Apareix un nou concepte de treball que dóna lloc a l'aparició tan d'un nou tipus de treballador com d'empresari, amb l'exigència de donar un nou

sentit al que significa ser membre d'una organització i crear un nou contracte social que vinculi entre sí als membres d'una empresa de manera fins ara inèdita. El treballador haurà de ser autosuficient, orientat a resultats i emprenedor.

L'empresari s'ha d'habituar a no controlar el ritme de treball, no tindrà control físic sobre el treballador, la seva organització passarà de la centralització a la descentralització crei-

xent. A tot això, cal afegir dificultats pel treball en equip, dificultats de desenvolupar treballs «manuals»...

D'aquest tres exemples: teleensenyament, telemedicina i teletreball se'n pot extreure una idea comú: el fer realitat els objectius que prometen les tecnologies de la informació depèn ara més que d'una simple proliferació d'ordinadors i de xarxes de dades de donar unes pautes de moralitat, ètica, seguretat i privacitat als membres de la

societat. Perquè sense aquestes pautes, la «societat de la informació» serà quelcom tan ridícul com l'emperador del conte, nu i mofat. Els detractors de les tecnologies de la informació aprofitant que aquestes pautes evolucionen molt més lentament que la tècnica, dibuixen el concepte de «societat de la informació» com el final de la civilització occidental i pensen en una societat de televisents («teledevoradors») sense rastre de consciència crítica ni de cap mena d'intel·lectualitat, fent «zapping» a través dels 500 canals principals de televisió sense trobar

res interessants i escollint finalment una pel lícula violenta mitjançant un sistema de vídeo a la carta (video-on-demand) o repassant una i altra vegada les restes que han sobrat de l'ajustat pressupost domèstic després de fer les compres de «teletienda» quan el comerç ja és tancat.

Sens dubte, l'anterior és una perspectiva a valorar i a tenir en compte, un risc que cal assumir des del moment que acceptem estar vivint uns grans canvis socials. Els canvis produueixen incertesa i la incertesa, molt sovint, produex rebuig. És cert que aquestes noves tecnologies per sí soles no poden millorar-li la vida a una persona, cal que els professionals creïn una força que, al meu entendre, s'orienta constantment, com el temps o l'entropia, en una direcció: cap a la millora de la qualitat de vida. Quan visito els antics castells d'Europa, m'imagino el so de les trompetes i la glòria que brillaria en altres temps entre aquelles avui mig enderrocades ruïnes. Però, de seguida la seva humitat, el seu fred em fan tremolar i puc percebre també la seva falta d'higiene. La vida actual és indiscutiblement millor, i no hi ha raó per pensar que no es continuará millorant-la en el futur.

*Amb el teletreball  
sorgeix un nou  
concepte de treball,  
que dóna lloc a  
l'aparició tant d'un  
nou tipus de  
treballador com  
d'empresari*

L'èxit de les noves tecnologies en la «societat de la informació» no depèn únicament de la tècnica, sinó molt particularment de la preparació dels individus que formen aquesta societat. Això requereix un gran treball per part dels professionals, que, igual que el nedar exigeix tirar-se a l'aigua, comporta una implicació total en la revolució social que vivim. Calen molt esforços en aquest sentit, Albert Einstein ja ho havia anunciat: «En altre temps l'home tenia uns objectius força perfectes, però uns mitjans molt imperfectes. Avui disposa d'uns mitjans perfectes i de grans possibilitats. Però els objectius són molt confusos».





# RECEPTOR VSAT D'ONES MILIMÈTRIQUES PER LA MESURA DE FADING DE PLUJA I OBTENCIÓ DE MESURES RADIOMÈTRIQUES A 40 GHZ

Sergi Morell i Jordi Romeu.

**A**quest article descriu un receptor experimental dissenyat per mesurar l'atenuació resultant de la propagació d'ones electromagnètiques a través de l'atmosfera terrestre en diferents situacions meteorològiques, així com la caracterització del soroll de fase que inevitablement apareix sobre la freqüència portadora a causa de les turbulències i ha estat una de les grans limitacions de coherència de fase en sistemes de comunicació unidireccionals.

El sistema incorpora també un radiòmetre que possibilita l'obtenció de mesures radiomètriques, és a dir, informació sobre la temperatura d'antena.

Aquesta experiència es porta a terme en una cooperació entre UoP (University of Portsmouth, UK) i la ETSETB (UPC).

## Descripció del sistema de mesura

Per dur a terme la investigació, es disposa d'un enllaç descendent on l'estació receptora rep un senyal de freqüència 39.592 GHz, transmès pel satèl·lit experimental ITALSAT-1 (PIRE=31.5 dBW en direcció Barcelona), l'òrbita geoestacionària del qual es troba localitzada 13° longitud Est per sobre de l'equador.

SERGI MORELL i JORDI ROMEU, són projectista i professor respectivament del Dept. de teoria del senyal i comunicacions, grup d'antenes. ETSETB (UPC).

Com que els requisits de menor soroll de fase en comunicacions de microones i sistemes de sensors remots són cada vegada més ajustats, la última limitació del soroll de fase i jitter de freqüència és el medi de propagació. Aquest medi (sigui cel clar o pluja) és en un estat de turbulència altament variant, tot el contrari del fluxe laminar. El resultat de tot això sobre la propagació d'una ona electromagnètica és que si no s'envia alguna forma de senyal de referència cap el terminal receptor (i això no sempre és possible), el nivell de jitter de fase imprès sobre la senyal portadora ha de ser mesurat i comparat amb càlculs teòrics existents.

Que el medi de propagació limita la coherència de temps de la portadora, fa temps que es va reconèixer, però s'escapava de les mesures experimentals perquè el soroll de fase dels oscil·ladors transmissors, en molts dels sistemes de comunicacions recents, excedia la fase o «soroll de propagació FM».

La recerca per investigar i quantificar experimentalment aquest tipus de soroll FM de baix nivell continua.

Un cop el soroll de fase dels sistemes comercials, aconsegueixi aquest baix nivell, s'oferrà la possibilitat de, per exemple, fer comunicacions digitals coherents molt ràpides, amb re-sincronitzacions espaiades cada desenes o fins i tot centenes de segons.

Per altra banda, l'estudi de l'atenuació que l'atmosfera terrestre produeix, a la banda de freqüències de 40 GHz, és de gran interès ja que la progressiva saturació del espectre radioelèctric, comporta la utilització de freqüències cada vegada més elevades. La UIT-R ha planificat que les bandes de 20 GHz i 30 GHz per a les comunicacions espacials s'han d'ampliar en les

*A causa de l'absorció dels gasos atmosfèrics i els fenòmens meteorològics, a les bandes de 40 GHz i 50 GHz, el senyal es veu molt afectat per l'atenuació i el centelleig.*

pròximes dècades, i s'atribuiran bandes de 40 GHz i 50 GHz pel funcionament d'aquests sistemes. A causa de l'absorció dels gasos atmosfèrics i els fenòmens meteorològics, en aquestes freqüències el senyal es veu molt afectat per l'atenuació i el centelleig.

Per caracteritzar el canal, s'està duent a terme en diferents països europeus experiments usant balises de 20, 40 i 50 GHz del satèl·lit ITALSAT.



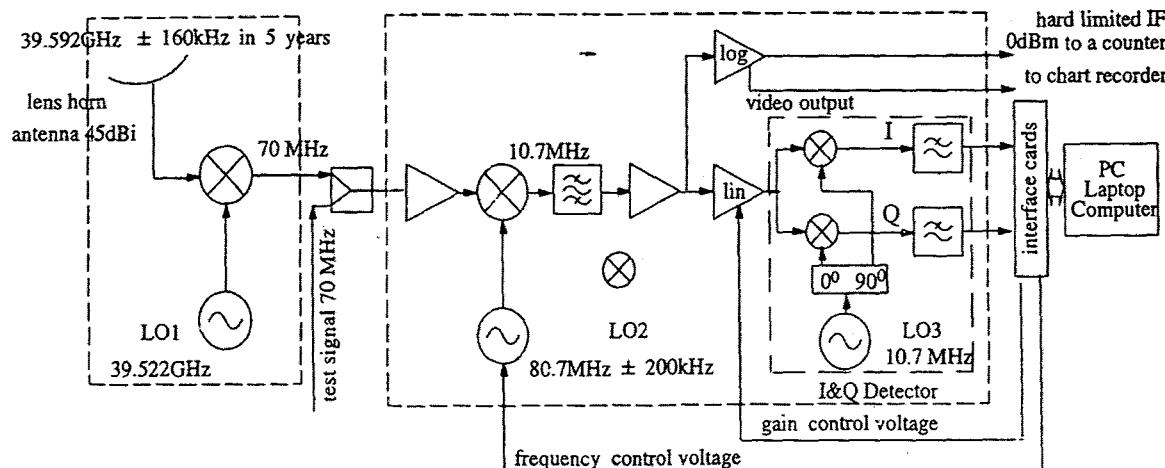


Figura 1. Diagrama en blocs de l'estació portable.

El diagrama en blocs corresponent a l'estació transportable compacte, es mostra a la figura 1.

Consisteix en tres etapes principals:

L'etapa frontal de microones, compactat al voltant d'una antena botzina ( $D=50\text{ cm}$ ) de 45 dB de guany, utilitza un oscil.lador local d'ultra baix soroll de fase especialment dissenyat que converteix la portadora a una freqüència intermitja ( $f_i$ ) de 70 MHz. Aquest oscil.lador, descrit més tard amb més detall, és seguit per un multiplicador  $x4$  comercial, donant la  $f_{\text{ol1}}=39.522\text{ GHz}$  que governa el primer mesclador.

La primera  $f_i$  de 70 MHz passa per tres amplificadors en cascada, per donar un rang dinàmic capaç de suportar condicions de tempesta (nivell mínim de senyal) i de cel clar (nivell màxim), donant un nivell acceptable a la sortida de l'etapa de frontal.

La següent etapa és la de freqüència intermitja, on el senyal rebut és immediatament convertit a una segona  $f_i$  de 10.7 MHz mesclant els 70 MHz entrants amb un VCO de  $f_{\text{ol2}}=80.7\text{ MHz}$ .

### *Mitjançant el mètode radiomètric, es pot observar com varia la temperatura del cel dependent de quines són les condicions meteorològiques existents*

Aquesta segona  $f_i$  s'envia a un filtre centrat a 10.7MHz i d'ample de banda a 3 dB de 1 KHz per deprés extreure'n les components en fase i quadratura (I&Q) en banda base.

Una segona característica important d'aquest receptor, és que opera en llaç obert, i no hi ha captura de la fase de portadora. La detecció en fase i quadratura (I&Q), s'usa per emplear la tècnica que permet extreure les components d'amplitud i fase de soroll (nivell de senyal i fluctuacions

de temps) en banda base fins i tot en presència de senyals de batec que apareixen a la sortida del receptor (la freqüència final en banda base mai és exactament 0 Hz, sinó que es situa a 10 Hz).

La única imposició, és una freqüència d'adquisició suficientment ràpida a la sortida del I&Q, de manera que el canvi de fase en mostres successives és menor de pi radians.

La freqüència de polsació exacte a la sortida del I&Q, serà calculada per una tercera etapa (interfície electrònica i ordinador) que periòdicament dirigeix el segon oscil.lador ( $f_{\text{ol2}}$ ) cap a senyals de batec raonablement baixes (idealment 10Hz).

El mètode I&Q o el mètode de demodulació complexa, requereix retards de grup ben balancejats (iguals) sobre les bandes superior i inferior del filtre passa banda d'ample de banda de 1KHz i sobre l'I&Q en banda base (filtres passa baixes de Bessel de  $f_c = 30\text{ Hz}$ ).

La tercera etapa del receptor consisteix en una caixa interface electrònica i un ordinador portàtil. La caixa conté dues tarjetes de control, una dur a terme l'adquisició simultània essencial de les sortides del I&Q i l'altre multiplexa les mostres (preliminarment emmagatzemades) i les transfereix directament al disc dur de l'ordinador. Des d'aquest moment, les operacions del receptor són conduïdes per un menú, i apart del manteniment de les línies de control, les principals característiques són: mode de manipulació de dades (normal, interrupció DMA), selecció de canal (I&Q i altres canals d'utilitat), velocitat d'adquisició de mostres (veure després), interrupció de la transferència de dades, format de la sortida de dades (binari o ASCII).

Les capçaleres dels fitxers contenen la data, el temps de mesurament, en nombre de canals, el guany de cada canal, la velocitat d'adquisició usada i la longitud de les dades. Les dades són emmagatzemades en un disc dur i seran subseqüentment transferides per protocols TCP/IP a una estació amb ordinador central.

L'ample de banda en banda base ha estat limitat a 30 Hz ja que els processos de propagació turbulentos tenen components en sèrie de Fourier limitades a pocs Hz. El ritme d'adquisició (seleccionable), s'ha limitat a 256 Hz.

La temperatura efectiva de soroll del receptor en condicions de cel clar, s'ha estimat de 930 K que junt amb una predicció de rebre un nivell de -111.5 dBm (cel clar) ens porta a una C/No d'uns 57.4 dBHz. Així, la S/N que es preveu en banda base és de 30 dB i pot acomodar tots els nivells de fluctuacions d'amplitud i fase i un rang raonable de fading de pluja. En evitar un sistema de captura de fase, ens permet operar sota uns

superfície de la terra fins a l'espai lliure, així doncs les dades resultants són estrictament aplicables a sistemes terra-aire.

L'estudi aborda la teoria sobre sistemes radiomètrics i les quantifica en la banda d'interès de 40 GHz.

A partir de l'equació del radiòmetre, es pot deduir quina és la atenuació existent, sempre tenint en compte els errors involucrats en aquesta valuació.

En el diagrama de blocs podem observar que continuament hi ha una commutació a l'entrada, per augmentar la resolució radiomètrica. La modulació

frontal de microones, posteriorment s'amplifica, per després arribar a un detector quadràtic i es demodula

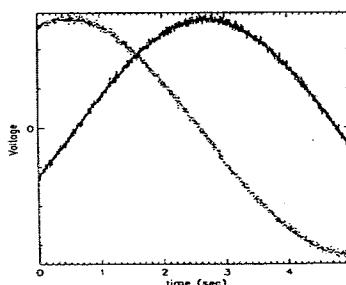


Figura 3. Senyals  $I(t)$  i  $Q(t)$  en el domini temporal.

síncronament de forma que s'obté una tensió de sortida proporcional a la diferència entre la tensió d'antena i la tensió de referència.

Finalment es filtra passa baixes mitjançant un integrador per eliminar totes les possibles components AC.

Tan la senyal de sortida del radiòmetre, com la referència es mostren a una freqüència de 1 Hz inninterrumpudament. Les dades són emmagatzemades en el disc dur, en fitxers ASCII.

El receptor ha estat calibrat injectant un senyal -65.5 dBm a una freqüència de 70 MHz, en un dels ports d'entrada del acoblador a 10 dB amb  $IL=0.5$  dB, posicionat després de la primera conversió a freqüència intermitja. El nivell simulava la condició de cel clar en aquest punt del receptor (-76 dBm).

La figura 3 mostra 5 segons de mostreig de les funcions en banda base  $I(t)$  i  $Q(t)$ .

La figura 4 mostra el diagrama polar de combinar les dues sortides  $I(t)$  i  $Q(t)$ .

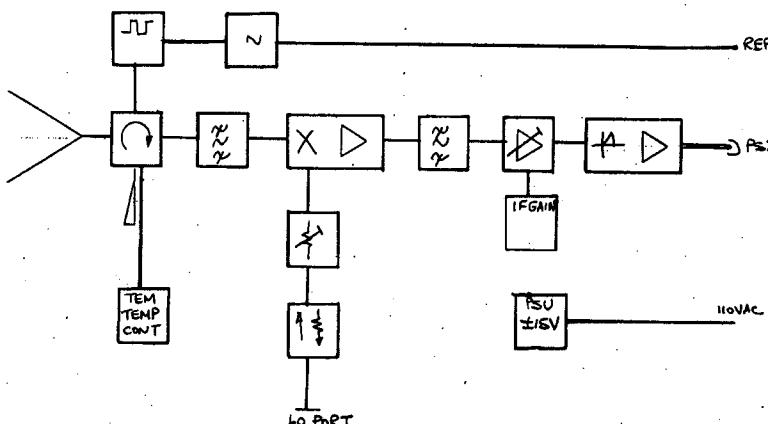


Figura 2. Diagrama en blocs del Radiòmetre de Dicke

pocs dB de S/N i contemplant tots els tipus de tècniques avançades de processament de senyal, incloent un promig de diferents adquisidors per incrementar la S/N efectiva i la detecció del nivell de portadora (magnitud del 'senyal de batèc') en S/N pobres.

En paral·lel a la obtenció de dades  $I(t)$ ,  $Q(t)$  i nivell de potència a l'entrada, es disposa d'un radiòmetre de Dicke, el diagrama en blocs del qual es descriu a la *figura 2*.

Mitjançant el mètode radiomètric, es pot observar com varia la temperatura del cel dependent de quines són les condicions meteorològiques existents des de la

consisteix en periòdicament commutar l'entrada del receptor entre l'antena i una constant (càrrega a temperatura de referència de 77 K) a una cadència més ràpida que la més alta component espectral significativa del espectre de variació de guany corresponent al mateix radiòmetre, de manera que en un període del cicle de commutació (10 ms), el guany del sistema és essencialment constant, i per tant idèntic en el mig període en el qual s'observa l'antena i l'altre mig que observem la referència.

El senyal de 39.592 GHz es passa a freqüència intermitja  $f_i=70$  MHz, utilitzant el mateix oscil·lador local de  $f_{loc}=39.522$  GHz de l'etapa

## Resultats experimentals

L'experiència a Barcelona va començar a funcionar amb total normalitat en el passat mes de Setembre, i des d'aleshores s'han



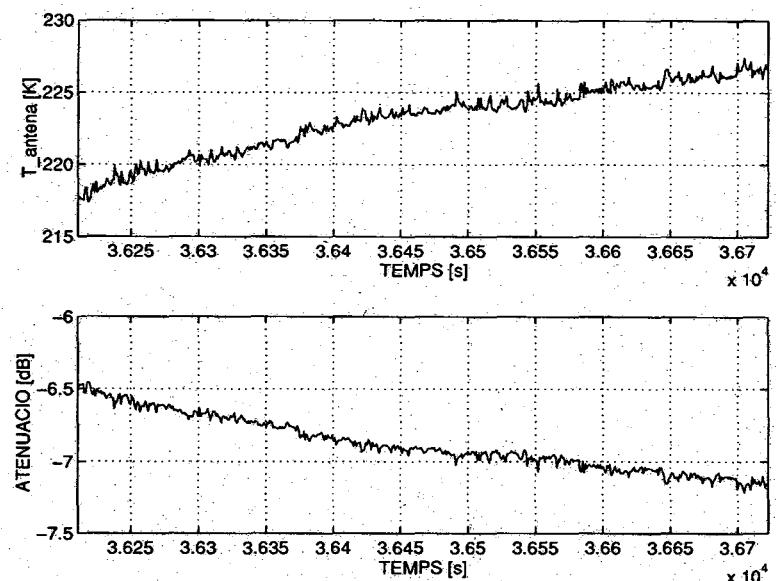
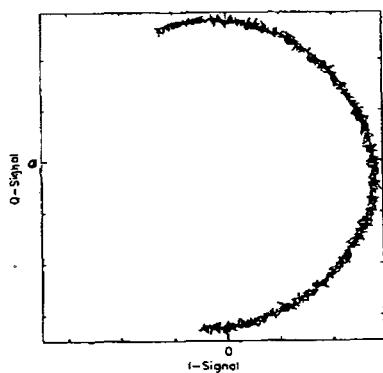


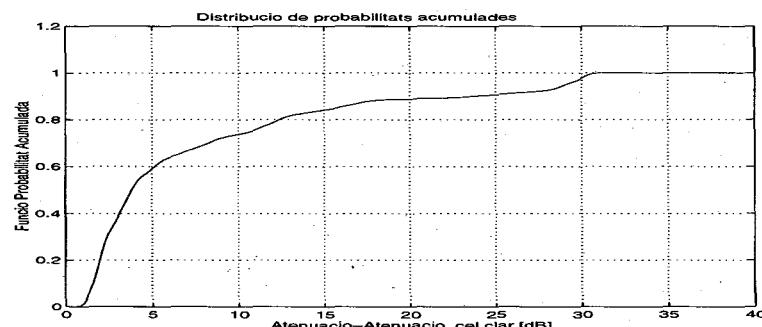
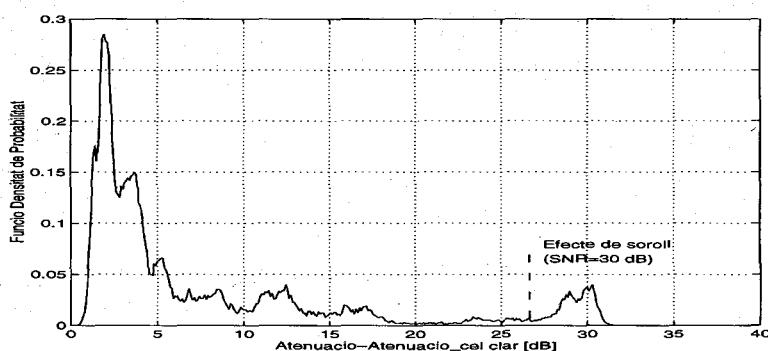
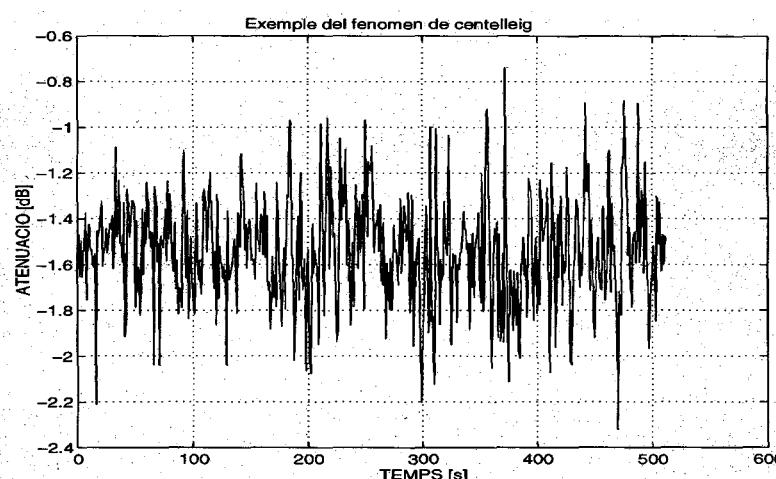
Figura 4. Diagrama polar de les senyals  $I(t)$  i  $Q(t)$

començat a obtenir uns primers resultats que a continuació s'exposen.

. Funció densitat de probabilitat, i distribució de probabilitat acumulada de l'atenuació en dies de pluja durant el mes de Setembre.

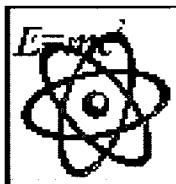
. Temperatura de radiòmetre i atenuació deduïda.

- . Atenuació per amplitud.
- . Fenòmen de centelleig.



## Conclusions

Un receptor compacte i portàtil d'ones mil.limètriques per, inicialment, aplicacions d'espai terrestre descrites. Els objectius principals són obtenir dades d'atenuació atmosfèrica, així com mesures radiomètriques, i caracteritzar l'excés de soroll de fase a causa de la propagació per l'atmosfera en forma d'un jitter de portadora irreduïble. El sistema usa un primer oscil.lador local de molt baix soroll de fase, i tècniques avançades de processament de senyal per extreure el vector d'informació des d'una demodulació complexe en banda base.



# TÉCNICAS DE PROCESADO DE SEÑAL APLICADAS AL TRATAMIENTO DE ESPECTROS RAMAN

J.M.Yúfera, M.J.Soneira, S.Ruiz-Moreno, M.J.Sedó

**L**a espectroscopía Raman es una técnica que permite identificar materiales mediante la correcta localización de las denominadas bandas Raman, [1]. Si comparamos las bandas localizadas en un espectro de un material que desconocemos, con las de los espectros Raman que tenemos almacenados en una base de datos, podemos ser capaces de identificar el material no conocido. Pero esto no siempre resulta sencillo, pues como el espectro no se ha tomado en condiciones ideales, siempre nos encontraremos con la existencia de ruido, una perturbación que puede llegar a enmascararlas.

En esta comunicación se describen distintos métodos para reducir los diferentes tipos de ruido presentes en la adquisición de un espectro Raman, basados en el filtrado en el dominio de Fourier del espectro investigado y la aplicación sobre el mismo del método de máxima entropía. Dichas técnicas reducen el ruido y facilitan la obtención de las posiciones de los picos o bandas Raman.

## RUIDO EN ESPECTROSCOPÍA RAMAN

Existen diferentes tipos de ruido a la hora de detectar la señal Raman. Entre los más importantes podemos destacar el ruido shot, el térmico y el ruido cósmico.

El ruido shot es debido a la naturaleza aleatoria de la luz y está

siempre presente en cualquier conversión luz-corriente. Este tipo de ruido puede estar generado tanto por la corriente de oscuridad como por la señal Raman y la fluorescencia que presente el material. Por otro lado, el ruido térmico se produce por agitación térmica de los electrones en la circuitería del detector. Tanto el ruido shot como el térmico se presentan en un espectro como un rizado que puede llegar a ocultar las bandas Raman o a confundirse con una de ellas, facilitando de este modo una posible ambigüedad en la identificación del material analizado. De los dos ruidos, en nuestro caso despreciaremos el térmico frente al shot, ya que el detector utilizado es un CCD refrigerado a bajas temperaturas, donde el ruido térmico es realmente pequeño. Tratamiento especial merece el ruido cósmico. Producido por partículas de elevada energía que generan muones secundarios que a su vez depositan una elevada cantidad de electrones en el sustrato de silicio del CCD por ionización y excitación del mismo, un evento de rayo cósmico se presenta en el detector como una señal de miles de electrones concentrada en unos pocos píxeles. En el espectro Raman, por lo tanto, se podrá observar como un pico de gran intensidad y pequeño ancho de banda. Es difícil confundir un rayo cósmico con una banda Raman, primero por su aleatoriedad a la hora de aparecer en el espectro y, segundo, por su pequeño ancho de banda. El problema reside en que los métodos de reducción de ruido que

presentamos en esta comunicación, aumentan el ancho de banda de los spikes creando posibles bandas falsas.

Por todas estas razones se hace necesaria la utilización de una herramienta de trabajo que mejore la calidad de los espectros Raman obtenidos en el laboratorio. Esta herramienta es el procesado de señal y en esta comunicación se presentarán algunas de las técnicas de reducción de ruido que pueden utilizarse en la identificación de materiales pictóricos.

## TÉCNICAS DE PROCESADO DE SEÑAL PARA LA REDUCCIÓN DE RUIDO

### Técnica de reducción de fluorescencia

Entre las técnicas utilizadas para la eliminación de la fluorescencia cabe destacar dos [2]: el método de Edge Detection, también conocido

como «first derivative spectroscopy», y las técnicas tradicionales de filtrado digital. Aunque cada una de ellas constituye por si misma una forma de reducir la fluorescencia, la aplicación conjunta de ambas nos permite obtener resultados más precisos. De

*Tanto el ruido shot como el térmico se presentan en un espectro como un rizado que puede llegar a ocultar las bandas Raman.*

hecho, con el filtrado digital se obtienen buenos resultados pero la determinación de la frecuencia de corte de la fluorescencia representa un problema a resolver y, por otra parte, el método de Edge Detection puede pre-

*José M. Yúfera es profesor asociado del T.S.C. de la asignatura de Laboratorio de Comunicaciones IV. Investiga en espectroscopía Raman aplicada a la identificación de materiales.*



sentar errores en la determinación de la posición de los picos. En esta comunicación se presenta una solución que utiliza el método de Edge Detection para determinar la frecuencia de corte del filtro digital que se empleará para reducir la fluorescencia del espectro Raman en estudio.

Antes de aplicar el método Edge Detection es necesario «suavizar» el espectro reduciendo el ruido shot que presenta. Un filtro paso bajo realiza esta función y para determinar la frecuencia de corte óptima de dicho filtro es necesario conocer previamente la anchura espectral de la señal Raman. Varias son las soluciones a este problema [3-5], aunque en el caso de señales Raman con picos estrechos o con mucho ruido ninguna se muestra eficaz. En esta comunicación se emplea otra solución, basada en una modificación del algoritmo de Bush [5], más robusta en tales circunstancias. Como filtro se ha utilizado la ventana de Papoulis, que reduce el ruido shot mejor que el habitualmente utilizado de Savitzky y Golay [6].

Por otro lado, se utiliza el método de Edge Detection para obtener una primera estimación de la posición, anchura e intensidad de los picos Raman del espectro estudiado. Con estos parámetros se genera, considerando picos lorentzianos, un espectro Raman ideal que se resta del experimental obteniéndose el espectro de la fluorescencia. Mediante su FFT se estima su anchura espectral y por tanto se determina la frecuencia de corte del filtro paso alto que eliminará la fluorescencia del espectro analizado. Repitiendo el algoritmo de Marquardt [7], aplicado anteriormente en el Edge Detection sobre el espectro filtrado, se obtendrá un espectro Raman más preciso (idealmente sin ruido ni fluorescencia)

que permitirá identificar correctamente el pigmento en estudio.

#### Método de máxima entropía

*Siguiendo con el criterio de máxima incertidumbre nos situaremos en el peor de los casos (...) eligiendo una distribución uniforme.*

Para comprender el funcionamiento del segundo de los métodos de eliminación de ruido que se utilizan en esta comunicación, podemos considerar un espectro Raman como un conjunto de valores,  $x_i$ , cada uno de ellos proporcional al número de fotones dispersado a una determinada longitud de onda. El espectro medido,  $D$ , resultará de aplicar al espectro Raman la respuesta impulsional,  $h$ , del equipo de medida (que en nuestro caso consideraremos ideal) y sumarle ruido estadístico,  $n$ . De este modo podemos expresar cada punto del espectro medido como

$$D_i = x_i + n_i \quad (1)$$

Esta ecuación no tiene una solución única debido a la aleatoriedad del ruido, por lo que sólo podemos obtener mediante diversos métodos una estimación del espectro Raman. Toda técnica de tratamiento de datos

ocupada en recuperar información espectroscópica consistirá en obtener la mejor estimación posible,  $\tilde{x}$ , del espectro Raman,  $x$ , a partir del espectro medido,  $D$ , y de información acerca del ruido.

El método de máxima entropía (MEM) [8] proporciona un criterio para escoger la estimación del espectro  $\tilde{x}$ , asegurando que la elección que maximalmente considera todas las soluciones posibles, y que proporciona una solución única y no ambigua, es aquella que contiene menos información y que coincide con la función de máxima entropía de la probabilidad de cada punto del espectro. En otras palabras, considera la estimación menos restrictiva de todas las posibles. Siguiendo con el criterio de máxima incertidumbre nos situaremos en el peor de los casos en lo que ha distribución de probabilidad se refiere, eligiendo una distribución uniforme. De aquí MEM consistirá en minimizar la función negantropía (maximizar entropía,  $S$ , es equivalente a minimizar negantropía) que consiste en tomar cada dos puntos adyacentes del espectro como una distribución de probabilidad (o en este caso de radiación):

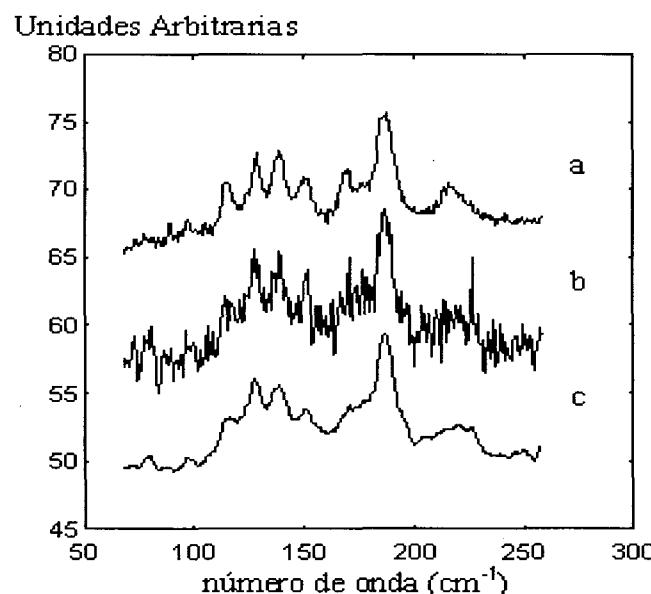


Fig. 1: Espectro de una muestra de yeso obtenida con un tiempo de adquisición de 60 seg., 4 scans (a); y 10 segundos 3 scans (b). La curva c muestra el espectro obtenido tras procesar el b con el TPMEM.

$$S = \sum_{i=2}^N \left( \frac{\tilde{x}_i}{\tilde{x}_i + \tilde{x}_1} \ln \frac{\tilde{x}_i}{\tilde{x}_i + \tilde{x}_1} + \frac{\tilde{x}_1}{\tilde{x}_i + \tilde{x}_1} \ln \frac{\tilde{x}_1}{\tilde{x}_i + \tilde{x}_1} \right) \quad (2)$$

siendo N el número de puntos del espectro. A la función de

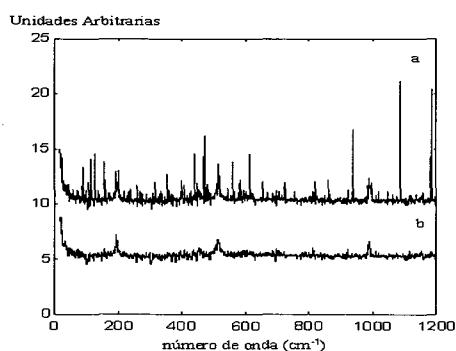


Fig. 2: Espectro Raman del pigmento Azul de Cobalto. a) espectro original; b) espectro tras la eliminación de los rayos cósmicos.

negantropía (2) hemos de añadirle una restricción que asegure la concordancia de espectro final estimado con los datos experimentales medidos. Suponiendo ruido gaussiano la

distribución estadística  $\chi^2$ , cubre este objetivo. A partir de esto y utilizando el método de los operadores de Lagrange, la expresión a minimizar resulta ser

$$F = -S + \lambda \chi^2 = -S + \lambda \sum_{i=1}^N \frac{(D_i - \tilde{x}_i)^2}{\sigma_i^2} \quad (3)$$

con incrustar  $\sigma_i^2$  la varianza de ruido en cada punto y  $\lambda$  el operador de Lagrange que ajusta la función  $\chi^2$  dentro de un estrecho margen estadístico esperado de  $N \pm (2N)^2$ . Este método se conoce como de dos puntos de máxima entropía (TPMEM).

En la práctica se acostumbra a utilizar un tercer término o restricción que asegure que la intensidad total de los espectros medido y de máxima entropía sean aproximada-

mente iguales, lo cual implicaría la inclusión de un segundo operador de Lagrange, pero el TPMEM considera como restricción añadida la ordenación de los puntos espectrales, pudiéndose de esta forma evitar la incorporación de un tercer término.

## Reducción del ruido cósmico

Para la eliminación del ruido cósmico utilizamos un algoritmo sencillo que consiste en procesar el espectro contaminado de la siguiente forma: en primer lugar, desplazamos el espectro Raman y lo restamos del espectro inicial, de manera que obtenemos un espectro con valores de amplitud elevados allí donde tenemos el ruido cósmico, y valores de amplitud reducidos para la señal gracias a su variación lenta, de modo que conseguimos aislar los rayos cósmicos; en segundo lugar, anulamos la parte negativa del espectro obtenido y lo restamos del inicial con lo que conseguimos reducir las amplitudes de los picos no deseados. Para saber el desplazamiento adecuado que se debe llevar a cabo, se realiza la derivada del espectro inicial y se crea un histograma con las pendientes detectadas en cada punto. Elijiendo los puntos con mayor pendiente detectamos los posibles rayos cósmicos, volvemos al espectro origi-

nal y calculamos el ancho de banda de los mismos, el mayor de los cuales equivaldrá al desplazamiento adecuado. Estos pasos están insertados en un proceso iterativo que será más o menos extenso dependiendo de la mayor o menor densidad de rayos cósmicos.

## EJEMPLOS DE APLICACIÓN: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En nuestros estudios, hemos aplicado el método de dos puntos de máxima entropía a los espectros Raman obtenidos al analizar diversos materiales pictóricos. En la figura 1 puede observarse el espectro Raman del yeso medido con un tiempo de exposición de 60 segundos y 4 scans (curva a), al que consideraremos el espectro, x, a recuperar. Este espectro puede compararse con el obtenido a partir de la misma muestra pero con un tiempo de exposición de 10 segundos y 3 scans (curva b), y también con el obtenido, a partir de éste último, tras aplicarle el TPMEM (curva c). Puede observarse como resulta más fácil la localización de las bandas Raman características del material tras haber aplicado el método.

La efectividad del algoritmo de eliminación de ruido cósmico resulta evidente al observar los espectros mostrados en la figura 2.

## UTILIZACIÓN CONJUNTA DE LOS MÉTODOS

Los métodos analizados hasta ahora han sido utilizados conjunta-

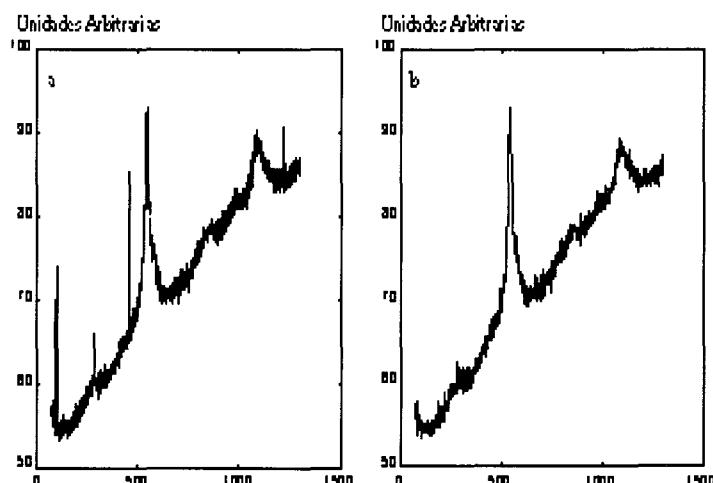


Fig. 3: a) Espectro Raman del Azul Ultramar; b) espectro tras la eliminación de los rayos cósmicos;



mente. En la figura 3a, se muestra el espectro que trataremos. Después de quitarle al espectro los rayos cósmicos

comunicación se muestran como métodos efectivos para reducir el ruido de fluorescencia, shot y cósmico en espectros Raman. La utilización conjunta de las técnicas supone una considerable mejora en la redu-

co-Técnicos de la Universidad de Barcelona, por aportar su Laboratorio de espectroscopía Raman durante toda nuestra investigación.

## REFERENCIAS

[1] S.RUIZ-MORENO, M.J.SEDÓ, J.M.YÚFERA, M.MANZANEDA, M.J.SONEIRA, M.BREITMAN, P.MORILLO, I.GRACIA, *La Espectroscopía Raman aplicada a la Identificación de materiales pictóricos*, Buran, No.7, Abril 1996.

[2] P.A.MOSIER-BOS, S.H.LIEBERMAN, R.NEWBERRY, *Fluorescence Rejection in Raman Spectroscopy by Shifted-Spectra, Edge Detection and FFT Filtering Techniques*, Appl. Spectr., Vol.49, p.630, 1995.

[3] G.HORLICK, *Digital Data Handling of Spectra Utilizing Fourier Transformations*, Anal. Chem., Vol.44, No.6, p.943, 1972.

[4] T.A.MALDACKER, J.E.DAVIS, L.B.ROGERS, Anal. Chem., Vol.46, p.637, 1974.

[5] C.A.BUSH, *Fourier Method for Digital Data Smoothing in Circular Dichroism Spectrometry*, Anal. Chem., Vol.46, No.7, p.890, 1974.

[6] A.SAVITZKY, M.J.E.GOLAY, *Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures*, Anal. Chem., Vol.36, No.8, p.1627, 1964.

[7] D.W.MATQUARDT, *An Algorithm for Least Squares Estimation of Nonlinear Parameters*, J. Soc. for Industrial and Applied Mathematics, Vol.2, No.2, p.431, 1963.

[8] L.S.GREEK, H.G.SHULZE Y OTROS, *SNR enhancement and deconvolution of Raman spectra using a two-point entropy regularization method*, App. Spectr., Vol. 49 p.425, 1995.

ción de ruido que se obtiene por separado.

Cabe destacar que antes de apli-

car cualquiera de las técnicas de reducción de ruido mostradas es necesario aplicar previamente un método de eliminación de los rayos cósmicos para evitar la posible confusión de los mismos con bandas Raman y los efectos que estos pueden causar a la aplicación de los métodos de procesado de señal.

Finalmente, las técnicas de procesado de señal descritas permiten reducir el ruido de un espectro Raman, y por tanto mejorar su relación señal ruido, sin necesidad de utilizar componentes adicionales, tanto ópticos como electrónicos, a los que incorpora un sistema Raman.

## Reconocimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a la empresa de pinturas Mongay S.A., de l'Hospitalet de Llobregat, por la aportación desinteresada de todos los pigmentos que nos han servido como estándares.

También a los Servicio Científico

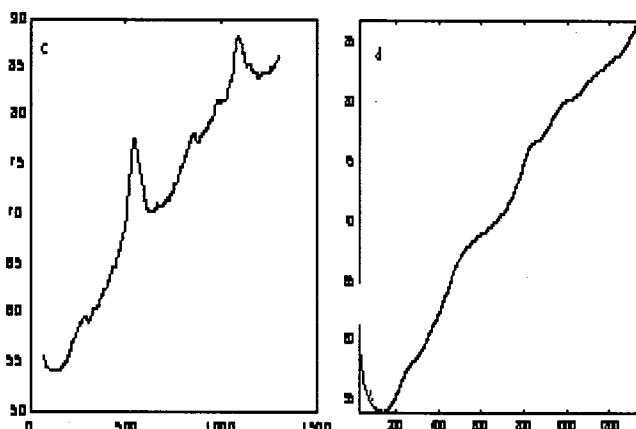


Fig.4 a) aplicación del TPMEM al espectro anterior, Fig. 3b;  
b) curva de fluorescencia obtenida del espectro 3b;

cos (figura 3b) se ha aplicado el método de Edge Detection en el espectro Raman para detectar la posición, anchura y amplitud de las bandas de señal, para después, con estos parámetros, obtener el espectro de la fluorescencia (figura 4b) como se ha explicado anteriormente. Llegados a este punto, se ha restado el espectro de fluorescencia del espectro original. El resultado de restar las dos funciones es un espectro Raman prácticamente sin fluorescencia (figura 5a) sobre el que ahora podemos aplicar el TPMEM (figura 5b) sin tener en cuenta los efectos de un background que además no era constante. El TPMEM tiene una fuerte dependencia con el background (que aquí se debe principalmente a la fluorescencia) que presenta un espectro, no eliminándose el ruido del mismo modo dependiendo de cómo sea este background. Se puede comparar el resultado con el obtenido al aplicar directamente el TPMEM al espectro con fluorescencia (figura 4a). Se puede comprobar como el resultado de la figura 5b es mejor, ya que el ruido se presenta más reducido, las bandas son más fácilmente identificables y han perdido menos intensidad.

## CONCLUSIONES

Las diferentes técnicas de tratamiento de la señal descritas en esta

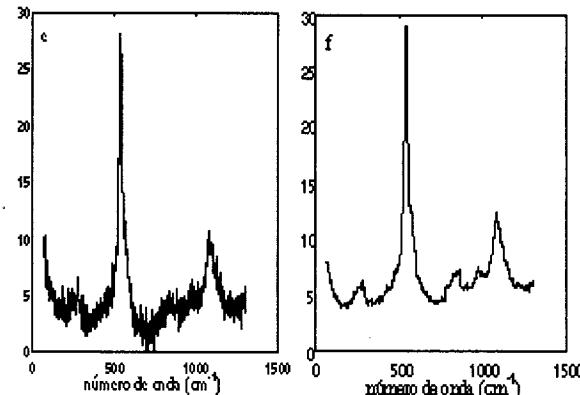


Fig. 5 a) espectro 3b tras restarle la curva de fluorescencia  
b) aplicación del TPMEM al espectro anterior.



# AESS ESTUDIANTS: SEGUIMOS SUBIENDO



Dicen que es más difícil mantenerse en un nivel que el hecho de alcanzarlo. Y lo comento en boca de terceras personas porque en AESS Estudiants no hemos tenido muchas oportunidades de saber qué es "mantener" el nivel. Lo que si hemos intentado es mantener el ritmo de crecimiento que ha tenido esta asociación desde el momento que se creó, realizando cada vez más actividades, cada vez con más repercusión dentro de la universidad e incluso más allá.

Es por ello que en este curso intentaremos conservar este espíritu y llegar donde nos permitan nuestras posibilidades, con los concursos de robots (sumo y limpiadores, a los cuales se les añade este año el concurso de robots rastreadores, dedicado a la gente que acaba de entrar en el mundo de la robótica), con las actividades de la rama de astronomía, cuyas actividades crecerán notablemente este año gracias a los cursos, conferencias y visitas planeadas, y con la rama Star Trek-Nuevas Tecnologías, que mejorará la calidad de sus conferencias gracias a la colaboración de investigadores de prestigio.

Me resulta curioso y alentador comprobar la infinidad de cambios que se han llevado a cabo en la asociación desde que comenzó, tanto a nivel de actividades como de organi-

zación interna. Cómo ha cambiado de ser una buena idea entre un grupo de estudiantes a ser una asociación conocida a nivel estatal capaz de organizar eventos de calibre.

Es por ello que desde AESS Estudiants queremos animar a las pequeñas asociaciones que se van creando en las diferentes universidades de España para que crezcan, y que sepan que con el trabajo y la ilusión de unos pocos se pueden hacer realizar grandes proyectos.

Aprovecho para concretar estas palabras de ánimo dirigiéndolas a la asociación ADARA, recién creada en la Universidad de Cantabria, a cuyos miembros tuvimos el gusto de conocer durante la Feria "Inventa '96" de Camargo, Santander, a la que fuimos invitados para presentar nuestras actividades.

Conste también nuestro agradecimiento para los promotores de la feria, quienes desde el primer momento demostraron un trato exquisito hacia nosotros.

Pese a que el trabajo y la ilusión son factores determinantes en la evolución de AESS Estudiants, no podemos olvidar el tercero en orden de importancia: Apoyo.

AESS Estudiants ha llegado a ser lo que es hoy gracias a la fe que personas e instituciones han demostrado en nosotros, y no sería justo atribuirnos todo el mérito.

Tenemos que agradecer al Sr. Antoni Elias Fusté, Director de la *Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacions de Barcelona*, de la cual somos alumnos, el apoyo que siempre nos ha brindado, así como el de la *Universidad Politécnica de Catalunya*.

Y es que AESS Estudiants intenta entablar multitud de lazos de colaboración con otras instituciones, la aportación de las cuales nos permite llegar más alto. Sirvan como ejemplo las colaboraciones con el Institut d'Estudis Espacials de Catalunya, con el cual tenemos unas relaciones muy cordiales, o el Club Star Trek de Catalunya, que colabora con la rama Star Trek-Nuevas Tecnologías.

Precisamente por esta gran cantidad de muestras de confianza que recibimos es por lo que en AESS Estudiants cada vez intentamos fijarnos objetivos más altos, siendo autocríticos y conscientes de nuestras posibilidades.

Si deseais más información acerca de AESS Estudiants, ya sea sobre nuestras actividades o sobre cómo colaborar, no dudeis en contactar con nosotros.

¡Hasta el próximo número!

Daniel González Alonso  
Presidente de AESS Estudiants

*AESS Estudiants es el capítulo de estudiantes de la Aerospace and Electronic Systems Society, capítulo del IEEE en la Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicacions de Barcelona (ETSETB-UPC)*

e-mail: danig@lix.intercom.es

Telf : 4015955

Fax: 4017050



RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE



# NO HAY DOS SIN TRES

Ignasi Amargós Torruella

**S**¿Te funcionan los motores? ¿Tienes los sensores bien calibrados? ¿Ya están listos vuestros robots? No os asustéis por estas preguntas, no es ningún examen sorpresa. Sólo son para recordaros que desde la Rama de Robótica de AESELL Estudiants ya estamos organizando la tercera edición de los concursos de robots. Este curso la gran fiesta de la robótica será el 19 de marzo de 1997 y el límite para la inscripción es el día 17 de febrero de 1997.

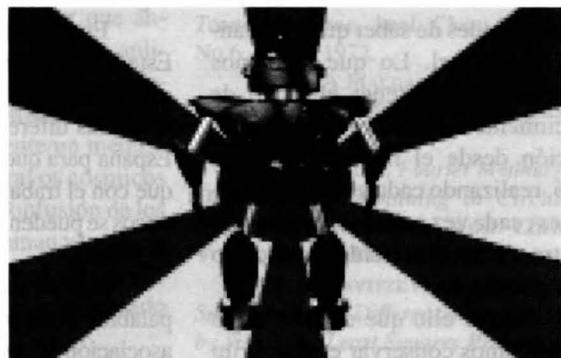
Primero de todo queremos agradecer a todo el mundo, concursantes, público, espónsors, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Universidad Politécnica de Cataluña, ..., la ayuda y confianza que depositaron en los concursos el año pasado. Toda la organización está trabajando a todo gas para conseguir superar el éxito del año pasado. El listón está muy alto pero creemos que entre todos y con vuestra ayuda lo vamos a conseguir.

Este año estamos preparando tres concursos distintos para

que cada uno elija el que más le atraiga: el III Concurso de Robots Luchadores de Sumo, el II Concurso de Robots Limpiadores de Superficies y el I Concurso de Robots Rastreadores.

El concurso de Sumo es sin lugar a dudas la estrella de la jornada. Es el concurso que levanta más pasiones a causa de su espectacularidad y emoción. Para los que no conocen el concurso, les diré que el objetivo del juego es forzar al robot contrario a que salga de la tarima donde se lleva a cabo el combate. Esta tarima no es más que un circunferencia de 175 cm de diámetro de color negro con una línea blanca de 5 cm en su borde.

Los robots están limitados en tamaño, deben caber en una caja de 20 x 20 cm, y en peso, que no debe exceder los 3.000 gramos. Existen dos categorías: la de los Robots Controlados por Ordenador (RCO) y la de los Robots Autónomos (RA).



La normativa es básicamente la misma que la del año anterior, sólo con pequeñas modificaciones para hacer más fácil su interpretación. Para saber como podéis acceder a las normas, leer el último párrafo de este artículo.



El concurso de Limpiadores de Superficie celebra este año su segunda edición.

Este concurso, con una filosofía más práctica, nació como alternativa al concurso de Sumo. En este caso los robots son autónomos, su peso está limitado a 4.000 gramos y el tamaño es libre. El

IGNASI AMARGÓS TORRUELLA es alumno de 5º curso en la ETSETB y es miembro del Grupo de Robótica de AESELL Estudiants.

aess@aess.etsetb.upc.es



objetivo de vuestro robots es recoger la máxima cantidad de arroz en un determinado tiempo. El arroz, que simula la porquería, se considera recogido si esta en el interior del robot o bien depositado en un contenedor que simula

mos (RA). La limitación de tamaño es de 20 x 20 cm, con altura libre, y el peso máximo es de 2.000 gramos.

El objetivo de juego es seguir una línea de tonalidad clara sobre un fondo de tonalidad oscura



la basura, el cual esta señalizado con una baliza de infrarrojos.

La dificultad más grande es que el terreno de juego simula una habitación cualquiera, y por tanto va a tener una serie de obstáculos que van a entorpecer la labor de vuestro robot como pudieran ser sillas, mesas, ...

Como gran novedad este año presentamos el I Concurso de Robots Rastreadores. Este concurso ha nacido con la idea de que toda aquella gente que se acaba de iniciar en el mundo de la robótica pueda participar en este concurso. En esta modalidad vuestros diseños pueden ser controlados por ordenador (RCO) o autónomo

ra de la forma más rápida posible sin perderla, teniendo en cuenta que esta línea puede describir una trayectoria cualquiera, así como ramificarse.

Y para vincular todos los concursos entre sí hemos creado una serie de premios comunes que son los siguientes:

· Robot más bonito: votación popular.

· Robot más tecnológico : ganador elegido por un comité designado por la organización.

· Robot fruto de la mejor idea aplicada: ganador elegido por un comité designado por la organización.

Además de los propios premios propios de cada concurso y

categoría. Este año los premios prometen ser importantes.

A partir de la información anterior os podéis hacer una idea de lo que son los concursos. Para toda aquella gente que quiera acceder a la información completa de los concursos, os rogaríamos que consultaseis nuestra página <http://citel.upc.es/~aess>, o que nos mandaseis un e-mail a la dirección de los concursos: [robot97.aess@casal.upc.es](mailto:robot97.aess@casal.upc.es). También estamos a vuestra disposición en el despacho de AESELL Estudiants en el Casal de Estudiants, Módulo B5 despacho S104, c/ Gran Capitán s/n, Campus Nord-UPC, Barcelona. Teléfono 401.5955, FAX 401.7050 / 401.6801.

Quedamos a vuestra entera disposición para todo aquello que necesitéis, y no dudéis en poneros en contacto con nosotros. Muchas gracias y esperamos veros con vuestros robots el próximo 19 de marzo en el Campus Nord de la UPC para divertirnos todos juntos.





# LAS JOYAS DEL CIELO

Xavier Lago Santín

Cuando miramos al cielo normalmente nos asombramos de la gran belleza del paisaje estelar que se ofrece a nuestros ojos. Pero a simple vista realmente sólo somos capaces de captar una ínfima parte de esa belleza. Este artículo intentará adentrar al lector en algunos de los fenómenos más bellos que se pueden observar en la bóveda celeste y ilustrar en algunos casos dicha belleza con imágenes.

Todo el mundo al observar el cielo se habrá percatado de la distribución aleatoria de las estrellas. En principio eso es lo que podría parecerle a un observador casual. Pero en realidad esta disposición aleatoria no es tal. Las estrellas no sólo se pueden encontrar aisladas, sino que también es posible observar agrupaciones de estrellas que recorren juntas el espacio. A estas agrupaciones se las conoce con el nombre genérico de cúmulos estelares. Los cúmulos estelares son, pues, agrupaciones de estrellas que se han formado «juntas», o sea, que proceden de una misma masa de polvo estelar. Dichas agrupaciones se clasifican principalmente en dos grupos: los cúmulos abiertos, también conocidos como cúmulos estelares galácticos, y los cúmulos globulares.

Los cúmulos abiertos son agrupaciones estelares formadas por un número de elementos que puede llegar a los 1000, aunque la mayoría de

XAVIER LAGO SANTIN es estudiante de 3r curso de Ingeniería de Telecomunicación en la ETSETB, y Coordinador de la Rama de Astronomía de AESS estudiants.



Figura 1 "Cúmulo de las Pléyades"

ellos tengan menos de un centenar. Este tipo de objetos son agrupaciones laxas de estrellas que comparten características comunes, su velocidad y la dirección de su movimiento. Todos ellos pertenecen a nuestro sistema galáctico, la Vía Láctea, y están formados por estrellas relativamente jóvenes, siendo la edad estimada de la mayoría de cúmulos de estas características entre uno y varios cientos de millones de años. La vida de estos objetos es limitada, ya que las estrellas individuales se van fugando paulatinamente. Su estudio ha contribuido a la obtención de nuevos conocimientos sobre la estructura de nuestra galaxia y sobre la existencia de materia interestelar. Uno de los ejemplos más conocidos de este tipo de agrupaciones es el «Cúmulo de las Pléyades», una fotografía del cual se puede ver en estas páginas.

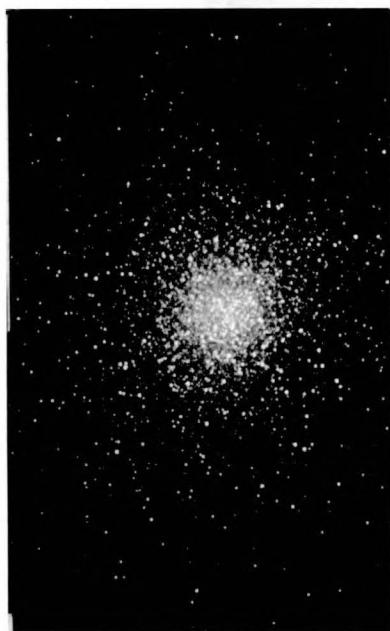


Figura 2 Cúmulo globular M13



Figura 3 Cúmulo globular "G1"

Los cúmulos globulares son acumulaciones de estrellas con una concentración de elementos muy superior a sus congéneres, los cúmulos abiertos, entre cien mil y diez millones de elementos. Estos cúmulos tienen algunas características peculiares, como son su marcada forma esférica y el aumento de concentración de las estrellas conforme nos acercamos al centro del cúmulo. Las estrellas que forman estos cúmulos son las más viejas de la galaxia, y se observa que en ellos no queda ningún rastro de nebulosas, que por otra parte sí que se encuentran presentes en los cúmulos abiertos. También a diferencia de estos últimos, los cúmulos globulares presentan una estructura realmente estable, y en principio pueden mantenerse durante un tiempo infinitamen-

te largo. Se ha demostrado la existencia de estos cúmulos en otras galaxias, formando estructuras anulares que las rodean al igual que pasa en la Vía Láctea.

Otro tipo de objetos de una gran belleza son las nebulosas, de las cuales podemos distinguir dos categorías: las nebulosas planetarias y las nebulosas galácticas difusas luminosas.

Las nebulosas planetarias suelen tener una forma redondeada, conociéndose más de mil en nuestro sistema galáctico. Frecuentemente presentan una estructura anular con una estrella en el centro. Este tipo de nebulosas están formadas por gas, el cual capta la luz de la estrella central. Las estrellas centrales no son muy grandes, pero sí extremadamente calientes, de manera que la luz ultravioleta que emiten hace brillar la débil acumulación de gas que forma la nebulosa. Dichas nebulosas están dominadas por fuertes campos magnéticos y tienen una vida cien mil



Figura 4 Cúmulo globular "Omega Centauri"



Figura 5 Nebulosa de Orión

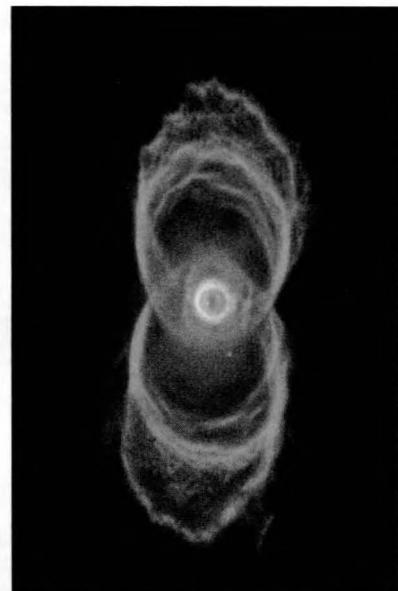


Figura 8 Nebulosa MyCn18

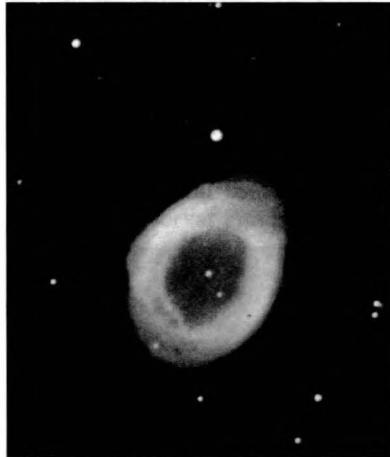


Figura 6 Nebulosa de Lira



Figura 7 Nebulosa de la Laguna (M8)

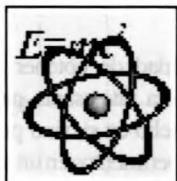
vezes más breves que la de una estrella normal.

El otro tipo de nebulosas, las nebulosas galácticas difusas luminosas, están formadas de materia interestelar gaseosa y pulverulenta, finalmente dispersada, que fulgura debido a la emisión de radiación

ultravioleta de las estrellas cercanas. En los casos en que no hay alguna estrella en una posición favorable la nebulosa queda oscura, lo mismo que ocurre si la materia está algo más concentrada. La materia interestelar que forma la nebulosa está compuesta por varios elementos, entre los que predomina el hidrógeno. También

existe una parte importante de helio y una pequeña parte de elementos pesados, estando la mayoría de esta materia en estado gaseoso. Entre los elementos pesados se encuentran litio, berilio, boro, carbono, nitrógeno, oxígeno, neón, aluminio, azufre y hierro. En este tipo de nebulosas cabe distinguir entre nebulosas de reflexión, las cuales se ven debido a que las nubes de polvo cósmico dispersan la luz de las estrellas, y nebulosas de emisión, que están formadas por gas interestelar al que las estrellas próximas hacen fulgurar. En este segundo caso las estrellas poseen suficiente energía para ionizar la nebulosa.

*Si estás interesados en la Astronomía y otros temas afines y estás dispuestos a colaborar organizando actividades diversas relacionadas con el tema podéis pasos por el despacho S-104 del Módulo B5, ETSETB para más información o mandar un e-mail a la dirección [astronomia.aess@casal.upc.es](mailto:astronomia.aess@casal.upc.es).*



# SUPERCONDUCTIVIDAD. HISTORIA Y FUNDAMENTOS.

Joan O'Callaghan

**L**a superconductividad es un estado termodinámico que presentan algunos materiales. Algunas de sus sorprendentes manifestaciones experimentales (resistencia nula, levitación estable de un material superconductor sobre un imán, etc.) parecen contradecir principios básicos de la física (Fig. 1). Muchos grupos de investigación en física y

ciencia de materiales han trabajado en esta área y, desde su descubrimiento en 1911, se han otorgado varios premios Nobel de física a los protagonistas de los avances más significativos<sup>1</sup>. El progreso en este campo ha estado plagado de anécdotas y casualidades, y es un buen ejemplo de cómo la comunidad científica encuentra y explica fenómenos inesperados y poco intuitivos.

Con el descubrimiento en 1987 de materiales que presentan el estado superconductor a temperaturas relativamente altas –y con las posibilidades comerciales que estos ofrecen–, el campo ha dejado de estar restringido a grupos de física y ciencia de materiales. En la actualidad hay un número considerable de ingenieros desarrollando dispositivos de altas prestaciones a incluir tanto en sistemas futuros como en los que funcionan hoy en día.

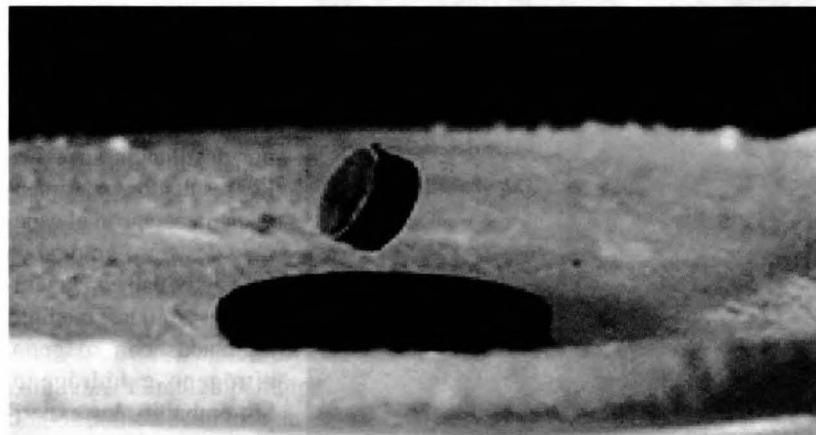


Fig. 1: Un imán levita sobre un material superconductor. Esta es una de las demostraciones más sorprendentes del fenómeno de la superconductividad. Es también posible obtener fuerzas repulsivas entre dos imanes permanentes, pero es prácticamente imposible obtener una levitación estable entre ellos (siempre tienden a orientarse de forma que las fuerzas entre ellos son atractivas, y acaban juntándose). En cambio, al acercar un imán a un superconductor, se crean corrientes (continuas) en el superconductor que provocan una fuerza de repulsión (estable) en el imán.

## 1. UNA VISION GENERAL A LAS APLICACIONES DE LA SUPERCONDUCTIVIDAD.

Las aplicaciones de la superconductividad se pueden clasificar en aplicaciones de baja potencia y aplicaciones de alta potencia. Entre las aplicaciones de baja potencia están los dispositivos analógicos de RF y microondas. También entre las aplicaciones de baja potencia se encuentran la magnetometría, basada en los “Superconducting Quantum Interference Devices” (SQUID's, basados a su vez en el efecto Josephson) y los circuitos digitales. Las ventajas de la utilización de materiales superconductores en estas

JOAN O'CALLAGHAN es profesor del departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones en la especialidad de Radar en la ETSETB.

<sup>1</sup> Kammerlingh Onnes en 1913 por el descubrimiento del primer material superconductor; Landau en 1962 por sus teorías en materia condensada; Bardeen Cooper y Schrieffer en 1972 por la teoría cuántica de la superconductividad; Giaever y Josephson por el efecto túnel de los electrones en estado superconductor; y Müller y Bednorz en 1988 por el descubrimiento de nuevos tipos de materiales superconductores. El Nobel del 1996 se otorga por un tema afín: el de la superfluidez que, entre otras manifestaciones incluye la ausencia de pérdidas por rozamiento viscoso del helio líquido a muy bajas temperaturas.



aplicaciones son fundamentalmente su bajo consumo, el reducido nivel de ruido, y la alta velocidad. Esto, unido a que los circuitos semiconductores también mejoran sus prestaciones a baja temperatura, permite combinar ambos tipos de materiales en circuitos híbridos semiconductor-superconductor.

Las aplicaciones de alta potencia más importantes son la levitación magnética para el transporte a alta velocidad (Fig. 1), los motores de elevada potencia, el almacenamiento de potencia en grandes bobinas de inducción fabricadas con hilos superconductores –los “Superconducting Magnetic Energy Storage Systems” (SMES) –, y la fabricación de imanes extremadamente potentes, utilizados sobre todo en la obtención de imágenes médicas por resonancia magnética nuclear.

Un buen ejemplo a menudo utilizado para mostrar la versatilidad y el margen de aplicación de los superconductores, es que con estos materiales se puede fabricar desde un imán de 10 T (200,000 veces el campo magnético terrestre), hasta un magnetómetro capaz de medir un flujo magnético de  $10^{-15}$  T m<sup>2</sup> (es decir, un millón de veces inferior al que produciría el campo magnético terrestre en una espira de 1 cm<sup>2</sup> de sección). En conclusión, estos materiales no sólo permiten hacer las mismas cosas que los materiales tradicionales de una manera más eficaz, sino que abren nuevos campos y posibilidades tanto a la industria como a la ciencia.

## 2. HISTORIA Y FUNDAMENTOS

### 2.1 Descubrimiento del estado superconductor. Resistencia cero.

El fenómeno de la superconductividad no fue descubierto hasta principios del siglo XX, momento en el que la tecnología criogénica se desarrolló suficientemente permitiendo llegar a temperaturas de unos pocos grados Kelvin. Heike Kammerlingh Onnes, de la Universidad de Leiden, en Holanda

que le dio una ventaja que había de resultar decisiva.

La posibilidad de obtener helio líquido, no sólo era interesante para la observación del helio en sí, sino porque permitía hacer experimentos en un entorno estable de unos 4°K de temperatura. Aprovechando este hecho, Kammerlingh Onnes y su equipo se dedicaron a estudiar la resistividad de varios metales en función de la temperatura.

Se realizaron medidas de resistividad con platino y oro a las temperaturas de ebullición del oxígeno (90°K), nitrógeno (77°K) hidrógeno (20°K) y helio (4,2°K). En estos metales se observó un descenso gradual de la resistividad. A temperaturas suficientemente bajas las impurezas en las muestras utilizadas tenían un efecto dominante en la resistividad. Para evitarlo, se empezaron a realizar medidas con mercurio, del que se podían obtener muestras muy puras por destilación sucesiva. Los resultados experimentales presentaron el esperado descenso gradual de la resistividad con la temperatura en las medidas realizadas con oxígeno, nitrógeno e hidrógeno. Sin embargo, los experimentos realizados con helio “fracasaban” sistemáticamente: las resistencias medidas eran nulas (por debajo de la sensibilidad de los instrumentos disponibles), lo cual se atribuía a cortocircuitos en el cableado utilizado en los experimentos. Estos experimentos los realizaba Gilles Holst –un asistente de Onnes– en 1911, ayudado por un estudiante que hacía las veces de maestro de laboratorio. Fue Holst quien, de forma casual (y como

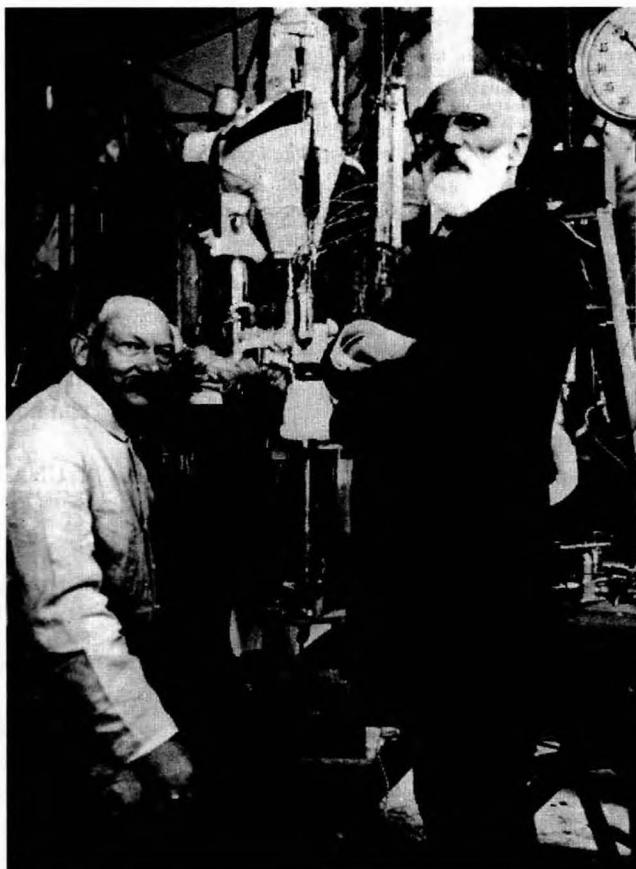


Fig. 2: Kammerlingh Onnes (sentado, a la izquierda junto a Van der Waals). Premio Nobel en 1913 por el descubrimiento de la superconductividad. Fue el precursor de un nuevo estilo de hacer ciencia, reconociendo por primera vez la gran importancia de las infraestructuras y la plantilla técnica. El personal de su laboratorio en la universidad de Leiden (Holanda) estaban en la vanguardia de muchos de los grandes experimentos científicos de la época. Su lema *Door meten tot weten* (“hacia el conocimiento mediante la medida”) refleja la importancia que dio al trabajo experimental combinado con un riguroso programa científico y una base teórica sólida.

(Fig. 2) fue el primero en descubrir la técnica de licuación de este gas y la mantuvo en secreto durante años, lo

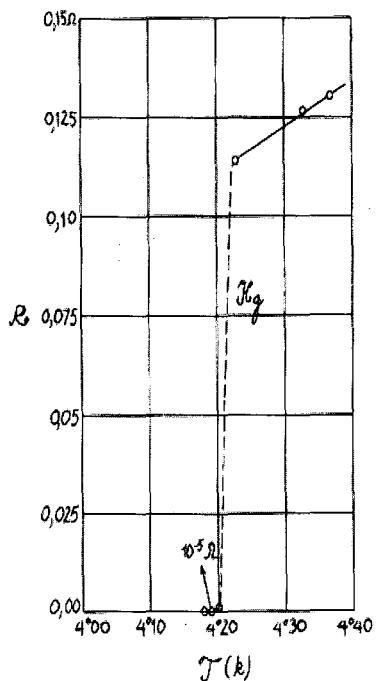


Fig. 3: Diagrama resistencia-temperatura medido por Holst en 1911. La ordenada es la resistencia en ohms y la abcisa es la temperatura en Kelvins.

se explica más adelante), encontró la manera de convencer a Onnes de que el efecto medido se debía al material y no a fallos en el montaje experimental: se había descubierto el primer material que presenta un estado superconductor. Este estado en el que la resistencia es nula no se presenta en todos los materiales y, en los que lo hace, aparece a temperaturas inferiores a una *temperatura crítica*, asimilable a una temperatura de fusión o ebullición, en las que también se produce un cambio de estado termodinámico.

La casualidad tuvo mucho que ver con este descubrimiento. Por una parte, el equipo de Onnes tuvo la suerte de escoger un material (mercurio) que, a diferencia del oro y platino, presenta un estado superconductor. Por otra, el material escogido tiene una temperatura crítica de  $4,15^{\circ}\text{K}$  (a la cual la resistencia baja súbitamente a cero), ligeramente inferior a la temperatura de ebullición del helio a presión atmosférica ( $4,22^{\circ}\text{K}$ ). Si Holst hubiera realizado las medidas a presión at-

mosférica, hubiera medido la resistencia del mercurio en estado normal. Por fortuna, las medidas se realizaban a una presión ligeramente inferior que la atmosférica, para evitar fugas de helio en el sistema criogénico utilizado para refrigerar las muestras. De esta forma el aire penetraba por los puntos en que los el sistema no era perfectamente estanco, entraba en contacto con el helio y se congelaba, acabando de sellar las juntas del sistema. Al reducir la presión en el recipiente donde estaba el helio líquido también reducía su punto de ebullición por debajo de la temperatura crítica del mercurio. El maestro de laboratorio que asistía a Holst era el encargado de controlar la presión observando el nivel de aceite en un manómetro y ajustando el paso de una válvula que conectaba a una bomba de vacío. Era un trabajo monótono y aburrido, y en una larga sesión de medidas el maestro de laboratorio se durmió, dejando que la presión en el sistema (y con ella, la temperatura de ebullición del helio) aumentara. Al hacerlo, la muestra de mercurio pasó de su estado superconductor a un estado nor-

mal, con una resistividad predecible por las medidas realizadas a temperaturas superiores. Holst se percató del hecho y anotó los valores de resistencia en función de la temperatura que se indican en la (Fig. 3). El experimento resultó ser repetible y, por él se otorgó el premio Nobel de física a Onnes en 1913.

## 2.2. Teoría de dos fluidos.

La resistencia no era el único parámetro que se medía en los materiales superconductores que fueron descubriendo a partir de 1911. También se realizaban medidas calorimétricas de este tipo de materiales. La combinación de medias eléctricas y calorimétricas sugería la presencia de dos tipos de electrones en los materiales superconductores: unos que podían moverse sin colisionar con la red (responsables de la resistencia nula) y otros que se comportaban como los electrones de los metales normales.

En 1934 Gorter y Casimir sugirieron que el comportamiento de los electrones podía ser similar al que puedan tener las moléculas de vapor de agua (u otro líquido) en un sistema cerrado: si la temperatura es suficientemente alta, todas las moléculas están en estado gaseoso; al reducir la temperatura por debajo de un valor crítico, algunas de ellas se condensan a un estado líquido. La proporción entre moléculas en estado líquido y moléculas en estado gaseoso aumenta al disminuir la temperatura, pero

*Este estado en el que la resistencia es nula no se presenta en todos los materiales y, en los que lo hace, aparece a temperaturas de fusión inferiores a una temperatura crítica,...*

siempre hay una coexistencia de ambas. Según Gorter y Casimir, este mismo efecto debía producirse en el gas de electrones de un material cuando éste se enfriá por debajo de la temperatura crítica a la que se produce la transición al estado superconductor: algunos de estos electrones se condensan a un estado

superconductor en el que –a diferencia de los que ocurren en el gas de electrones en estado normal– no hay colisiones con la red. La presencia del resto de electrones en estado normal es la que se detecta en los experimentos calorimétricos y, como veremos a continuación, cuando se intenta hacer pasar una corriente alterna por el material.

### 2.3. Comportamiento a altas frecuencias.

Las implicaciones electrodinámicas de la teoría de dos fluidos fueron analizadas por los hermanos London en 1935 y de ellas se dedujo, entre otras cosas, que los materiales superconductores tienen pérdidas cuando los campos y las corrientes son alternos.

A pesar de la presencia simultánea de superelectrones y electrones normales en un superconductor, al injectar una corriente continua en el material tan sólo los primeros se mueven, y la corriente puede fluir sin resistencia. La situación cambia si la corriente es alterna: los superelectrones, al moverse sin pérdidas, tienen que acelerarse y desacelerarse y no pueden hacerlo arbitrariamente rápido por el efecto inercial de sus masas. Esto provoca que no toda la corriente inyectada pueda ser absorbida por los superelectrones, parte debe fluir a través de los electrones normales. Debido a la inercia de los superelectrones, la proporción de la corriente debida a los electrones normales aumenta con la frecuencia. En consecuencia, las pérdidas en un superconductor son, a frecuencias bajas, mucho menores que las de un me-

*En 1988 Müller y Bednorz recibieron el premio Nobel por su descubrimiento, que permitió la obtención de materiales con una Tc por encima de la temperatura del nitrógeno líquido (77 °K)*

tal normal, pero aumentan más rápidamente con la frecuencia. Con el estado del arte actual, la frecuencia a la que ambos materiales igualan sus pérdidas es de unos 100 GHz.

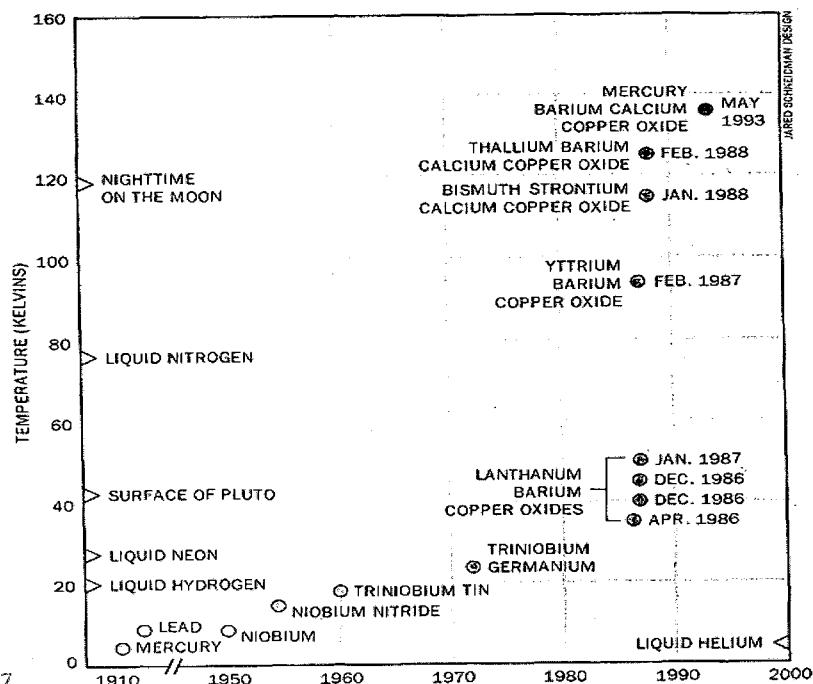


Fig. 4: Evolución de la temperatura crítica máxima conocida con el tiempo. Obsérvese el enorme salto que se produce en 1987 con el descubrimiento del  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  (cuyo acrónimo usual es YBCO), que puede refrigerarse con nitrógeno líquido, fácilmente extraible a partir del nitrógeno gaseoso de la atmósfera.

### 2.4. Superconductores de alta temperatura.

En 1986 Alex Müller y J. Georg Bednorz, del laboratorio de Zurich de IBM, descubrieron que la fase formada por el lantano, bario, cobre y oxígeno podía formar materiales con  $T_c$  superiores a los 30°K. Este era un tipo de material radicalmente diferente a los explorados hasta entonces, lo que inci-

tó a muchos otros grupos de investigación a explorar en esa línea. En enero de 1987, Paul C. W. Chu y Maw-Kuen Wu, de la Universidad de Houston, simultáneamente con otros grupos de investigación de

todo el mundo, demostraron que el  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  era superconductor por encima de los 95°K. La expectación fue tan grande que más de mil físicos llenaron las salas del hotel Hilton de Nueva York justo antes de la presenta-

ción del descubrimiento durante la reunión anual de la American Physical Society el 18 de Marzo de 1987, en lo que posteriormente se ha llamado “el Woodstock de la física”. La espectacularidad del progreso en  $T_c$  que representaba este descubrimiento se muestra en la Fig. 4, en la que se representa la evolución de la máxima  $T_c$  conocida con el tiempo.

En 1988 Müller y Bednorz recibieron el premio Nobel por su descubrimiento. Lo fundamental en este descubrimiento era que había abierto el camino que permitió la obtención de materiales con una  $T_c$  por encima de la temperatura del nitrógeno líquido (77 K), mucho más barato y fácil de obtener que el helio líquido. A los materiales que son superconductores por encima de 77 K se les conoce como *superconductores de alta temperatura* y su relativa facilidad de refrigeración está posibilitando su inclusión en cada vez más tipos de dispositivos y sistemas.

El presente artículo puede ser consultado en <http://gaig.upc.es/amr/ENG/pages/supercon.htm>



# METABALLS PARA MODELADO 3D

Guillermo Díez

**U**na característica casi universal en los programas comerciales de animación 3D es el uso de polígonos triangulares para la representación de los objetos que intervienen en la animación.

Este tipo de descripción ayuda en la eficiencia de los algoritmos que tendrán en última instancia que crear las imágenes, y además hace que la representación sea uniforme (mientras todo en nuestro universo sean polígonos, todo lo que habremos de hacer es colgarlos todos y pasar cada uno de ellos por nuestra máquina de dibujar polígonos).

Sin embargo, cuando observamos una animación hecha por ordenador, podemos ver como ciertos objetos no parecen ser poligonales. Aparecen como superficies suaves, y no formados por pequeñas facetas planas, como cabría esperar. Esto no es sino producto de ingeniosos algoritmos que consiguen mostrar una versión suavizada de lo que internamente son triángulos planos.

Los polígonos son capaces de representar de manera exacta objetos que por su naturaleza son poligonales, como un cubo, una mesa sencilla, o las torres de KIO, pero tienen el inconveniente de que se necesitan muchos de ellos para representar superficies complicadas, con variaciones importantes de curvatura, y que por naturaleza

no son poligonales. Podemos ver el efecto que este hecho tiene en la fase de modelado, común a toda producción de animación de síntesis.

Cuando modelamos, creamos la descripción geométrica de los objetos que van a aparecer en escena en la animación. En términos prácticos, esto se traduce en crear la 'malla' de polígonos que representará (de manera aproximada en la mayoría de los casos) el objeto que hemos modelado.

La forma en que esto se hace suele ser tomando un objeto real, y muestreando puntos sobre éste, mediante un dispositivo de posicionamiento 3D. Podemos intuir ya que,

aunque existen más formas de proporcionar al ordenador un modelo poligonal de nuestro objeto, estas técnicas hacen que sea más sencillo por ejemplo, modelar un edificio -en el que quizás tan sólo habría que muestrear ocho puntos- que un bosque -con la complicación de sus quizás cientos de árboles, sus miles de hojas, y en cada una de ellas, todos sus precisos detalles.

lar), a usar objetos de origen natural, cuya complejidad puede ser tan grande que su modelado sea inviable. En este contexto, los metaballs no pretenden resolver de manera drástica el problema del modelado de objetos naturales, pero constituyen una herramienta tremadamente útil e intuitiva que permite crear de manera sencilla objetos que de otra forma serían complejos de modelar. Para entenderlo comencemos por describir en qué consisten.

## 1. Metaballs.

En el año 82, e independientemente, K.Omura en Japón y

*J.Blinn en Estados Unidos desarrollaron la idea de los metaballs, y los usaron para visualizar mapas de densidades de electrones en moléculas. Pronto se vio que presentaban propiedades muy interesantes para el modelado de objetos más generales. De cara al usuario(al modelador), los metaballs son esferas que interactúan con el resto de metaballs, de forma que cuando uno se encuentra alejado del resto, su forma es esférica, pero a medida que se acerca a otros metaballs, va progresivamente fundiéndose con aquellos que tiene más cerca.*

---

*Los polígonos son capaces de representar de manera exacta objetos que por su naturaleza son poligonales, pero tienen el inconveniente de que se necesitan muchos de ellos para representar superficies complicadas*

**GUILLERMO DÍEZ** es estudiante de 4º en la ETSIT de Madrid y es responsable de la creación de una nueva primitiva gráfica, basada en campos escalares y splines que generaliza los metaballs, incluida en la última versión del programa Metarreyes.

Históricamente esto ha llevado el que se prefiera realizar animaciones con objetos de naturaleza artificial, creados por el hombre (mucho más sencillos de mode-



Quizás lo más ilustrativo que existe a la hora de entender el comportamiento de los metaballs es ver-

éste se suma en cada punto del espacio, el efecto que obtenemos cuando consideramos una superficie

es que se han apreciado dos ventajas muy útiles en la práctica.

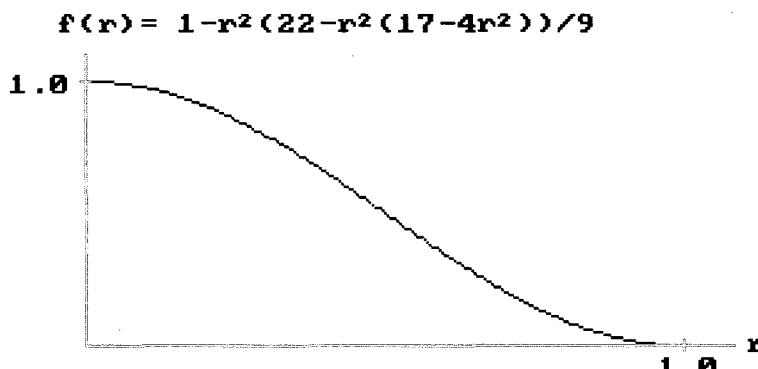


Figura 1.

los en una animación en que aparezcan, como en los efectos especiales de la película Terminator II, o en varias animaciones japonesas que aparecieron en Siggraph (en Estados Unidos) o Imagina (en Monte Carlo).

De cara a la implementación, la forma en que se consigue el efecto de fusión es conceptualmente sencillo, aunque conlleva alguna dificultad a la hora de su representación en pantalla.

Imaginemos por ejemplo dos cargas eléctricas de igual signo, puntuales y muy alejadas una de otra. Imaginemos también el potencial eléctrico que crean (que será solo dependiente de la distancia a la carga y decrecerá con ésta), éste será un campo escalar, que toma un solo valor en cada punto del espacio, y que será la suma de los potenciales producidos por cada carga.

Por estar alejadas las cargas, si consideramos una superficie equipotencial, ésta consistirá en dos esferas, una centrada en cada carga. Esto es conveniente porque queremos que cuando dos metaballs estén alejados no interactúen, y tengan forma esférica.

En cambio cuando aproximamos lo suficiente las dos cargas, si volvemos a imaginar el potencial eléctrico que originan, dado que

cie equipotencial es que las dos esferas se funden.

Luego lo que necesitamos conceptualmente para idear metaballs (abstuyendo los detalles irrelevantes en gráficos por ordenador) es asignar a cada metaball un campo escalar, función del punto del espacio en que nos encontramos, de tipo aditivo (tal que el campo total en cada punto será la suma de los campos producidos por cada uno de los metaballs que consideremos), que además cumpla la propiedad de que el valor del campo de nuestro metaball ha de depender sólo de la distancia al centro de éste, y tal que su valor sea estrictamente decreciente con ésta y se haga nulo a partir de un punto (aunque ese punto sea el infinito).

Generalmente se suele usar como función de la distancia al centro del metaball, la que aparece en la figura 1, o una proporcional, y como superficie equipotencial (equiescalar en este caso) la que surge de igualar el campo total a 0.5.

La razón por la que se escoge casi siempre esta función y no otra

La primera es que dado que el campo se anula a una distancia finita del centro del metaball, en el resto del espacio no tendremos que preocuparnos de calcular la aportación de ese metaball al campo total y eso hace que los algoritmos que usemos para la visualización sean más eficientes y que su complejidad sea menor.

La segunda de las ventajas es que cumple la condición de que su derivada es nula en el punto en que el campo se hace cero, y esto lo que implica es que cuando nuestros metaballs se fusionen, lo harán de manera suave (en el sentido matemático de la palabra).

## 2. Poligonización de metaballs.

Antes de entrar en evaluar la aportación que los metaballs hacen en el campo del modelado 3D, tan sólo mencionaré de pasada algunas de las técnicas que se usan en la práctica para su visualización.

La idea fundamental en la que se apoya todos los algoritmos que pretenden dibujar metaballs es que si evaluamos el campo que produce una distribución de metaballs en un punto del espacio, y éste resulta ser mayor que el umbral que hemos establecido (0.5 en el ejemplo anterior), el punto

*Quizás la ventaja más importante que aporta el modelado con metaballs es la intuitividad.*

estaré en el interior del volumen que limitan los metaballs. De la misma manera, si el campo es menor que el umbral, estaremos en algún punto exterior a ese volumen.

Generalmente, lo que resulta más conveniente, es crear una poligonización de los metaballs. Esto consiste, a grandes rasgos, en crear una malla de polígonos, que aproximen la superficie de los metaballs.

El interés de este modo de proceder, es que, una vez que tenemos la malla de polígonos creada, cualquier programa de ‘rendering’ (creación de imágenes 3D) orientado a polígonos podrá ocuparse del resto.

En cuanto a los algoritmos que se usan para la poligonalización de metaballs, sólo nombrar los más importantes: ‘marching cubes’ (algoritmo que se usa principalmente en visualización científica y médica [Foley95] pág. 1035), ‘compact cubes’ [Moore92], y un tercero, que aparece descrito en [Foley95] pág. 1048 (de forma no muy clara, pero que es sin duda tan importante como los otros dos). Estas son las referencias indispensables si se pretende hacer una implementación de un poligonalizador de metaballs.

### 3. Conclusión.

Quizás la ventaja más importante que aporta el modelado con metaballs es la intuitividad.

La manera en que construimos objetos con ésta técnica es constructiva. Comenzamos por un conjunto de primitivas metaball y vamos añadiendo más según queramos que continúe nuestro objeto. Si el resultado no nos convence en alguna región, podemos quitar, poner o mover los metaballs que no encajan bien.

Esta no es la única técnica que posee la virtud de ser intuitiva y fácil de usar por usuarios no experimentados, pero es quizás la más representativa.

Los tipos de objetos que podemos representar usando metaballs son muchos, en teoría. Incluso exis-

ten métodos de aproximar cualquier objeto con una distribución de metaballs [Shig91]. Sin embargo, aquellos para los que parecen pensados son los fluidos y los modelos orgánicos, los cuerpos humanos, animales etc...

En estos casos, la propiedad que se puede aprovechar es que con un número no muy grande de primitivas (como mucho del orden de cientos) no podemos representar más que un subconjunto muy reducido de objetos, pero tenemos gran control sobre aquello que modelamos.

Este es un claro ejemplo de una de las casi constantes situaciones en gráficos por ordenador, que es el conflicto entre complejidad y control. En este contexto, el modelado usando metaballs se encuentra en una posición realmente buena, porque nos permite crear objetos de muy razonable complejidad, y nos ofrece un gran control.

### 4. Direcciones futuras.

Parece que la característica que puede convenir mantener en futuras técnicas, frente a los metaballs, es

la intuitividad de su forma de modelado.

En esta línea existe más de una generalización de éstos. Existen metaballs en los que su forma original es un elipsoide (esto es fácil de conseguir sin más que hacer que la distancia al centro se defina de manera que sea constante en un elipsoide). También hay metaballs que en su forma original son una supercuádrica [Barr92], o los llamados supermetaballs, metaballs elipsoidales en los que el

campo no sólo depende de la distancia sino de la dirección.

Una de estas generalizaciones, probablemente la más útil, fue concebida por G.Wyvill, uno de los investigadores de mayor prestigio en el modelado con campos escalares. Esta consiste en considerar, no un punto que crea un campo, sino una curva en el espacio (un spline) que crea un campo escalar de forma que, cuando dicha curva no esté en interacción con ninguna otra, su forma sea aquella que se obtiene de deformar un cilindro hasta que su eje es la curva que hemos creado. Asimismo, el radio de dicho ‘cilindro’ se podría variar según avanzamos en la curva, consiguiendo así formas más complejas.

Wyvill sin embargo no consiguió resolver el problema del cálculo del campo para dicha primitiva y por ello no pudo avanzar.

Posteriormente se ha encontrado una solución a este problema de la que el autor es responsable, así como de una implementación de la misma. Si el futuro a partir de aquí se parece en algo al pasado más reciente, se puede decir con seguridad que han de existir más puntos de vista interesantes (útiles) que pueden tomar como inspiración inicial los métodos de modelado basado en campos escalares que aquí se han descrito.

## BIBLIOGRAFIA:

[Foley95] FOLEY, J.D.; VANDAM, A; FEINER, S.; HUGUES, J.F.; *Computer Graphics. Principles and Practice*. Addison-Wesley.

[Moore92] MOORE, D., WARREN, J., *Compact Isocontours from Sampled Data*, Graphics Gems III, págs 23-28, Academic Press.

[Barr92] BARR, A.H., *Rigid Physically Based Superquadrics*, Graphics Gems III, págs 137-159, Academic Press.

[Shig91] SHIREGU, M., *Volumetric Shape Description of Range Data using «Blobby Model»*, SIGGRAPH' 91 Conference Proceedings, 227-235, ACM Press.





# APLICACIONES DE LOS MÉTODOS CRIPTOGRÁFICOS

Raúl Gonzalo

Durante mi reciente experiencia investigadora sobre los métodos de seguridad y el estudio de la criptografía como herramienta para proteger la información siempre que he conversado con alguien acerca del tema, al final ha surgido la misma pregunta: «*Bien, pero todo esto, ¿para qué sirve?, ¿dónde se utiliza?*». En este artículo, además de pretender que el oído se vaya acostumbrando a esta nueva y rara palabra como es la criptografía, se intenta divulgar, manteniendo el espíritu de esta revista, las aplicaciones prácticas en sistemas reales.

La criptografía (del griego: *kryptós* y *graphos*) es, a grosso modo, la ciencia encargada de la seguridad de la información, y desde nuestro punto de vista como ingenieros, de la información en las comunicaciones. Es un tema de actualidad, o como diría una presentadora de un programa de TV de cuyo nombre no quiero acordarme, de rabiosa actualidad.

La necesidad de proteger información es tan antigua como la escritura misma y no extraña que la mayoría de los métodos antiguos (o clásicos) tuvieran una vinculación directa con la guerra. De hecho, en la II guerra mundial, se utilizaron muchos tipos de máquinas, las más famosas son la Enigma (alemana) y la Purple (japonesa) basadas en un principio de rotores. Hoy en día se conoce que la rotura de ambos códigos por parte de los aliados fue un factor importante para el desenlace de la guerra. Recomiendo la lectura de *The Codebreakers* [1] donde se da un repaso histórico y entretenido a la evolución de los sistemas criptográficos.

RAÚL GONZALO es Ingeniero de Telecomunicación por la ETSETB, especialidad en Telemática. Realizó el Proyecto Final de Carrera sobre Criptografía.

Tradicionalmente, las instituciones financieras y gubernamentales son las que más se han preocupado por la seguridad. Sin embargo, a pesar de la evidencia del problema, las redes actuales son generalmente inseguras, es decir, existen multitud de sistemas informáticos operando sin las protecciones adecuadas. El creciente uso presente y futuro de las redes de datos así como algunos ataques históricos concretos ha puesto en estado de alerta a los programadores de los sistemas informáticos, fundamentalmente los compartidos.

Existen multitud de anécdotas de fallos en la seguridad de sistemas. Los más conocidos son las acciones de escuchas telefónicas. Un típico caso muy utilizado son los ataques a bancos donde se redondean las fracciones de peseta de una cuenta para moverlas a la cuenta del atacante. Como son pequeños ataques, son inapreciables, pero repetidos pueden conseguir un efecto muy «deseado». Otro tipo de ataques intentan romper los accesos de los sistemas con password, como los entornos UNIX. Existe una gran variedad de ellos, desde los caballos de Troya (programas que emulan la pantalla del login para obtener la contraseña del usuario) hasta la búsqueda selectiva de la clave probando con nombres de pila, números de teléfono, fechas, nombres de entidades deportivas, etc..

La mayor de las violaciones de seguridad de las computadoras comenzó una tarde de noviembre de 1988, cuando R.T. Morris liberó un programa gusano en Internet. Su gusano representó en la

seguridad de las redes de telecomunicaciones lo mismo que el hundimiento del Titanic para la industria del transporte. El gusano utilizaba tres métodos diferentes para intentar acceder a nuevas máquinas. El más elaborado de ellos utilizaba el programa *finger* de UNIX. El gusano llamaba *afinger* con una cadena especialmente diseñada de 536 bytes como parámetro. Esta cadena sobrepasaba la capacidad del búffer y escribía sobre su pila, aprovechando que no se verificaba el desbordamiento del búffer. Así, cuando el programa regresaba al procedimiento que realizó la solicitud, no volvía al main, sino a un procedimiento dentro de la cadena de 536 bytes de la pila, que inten-

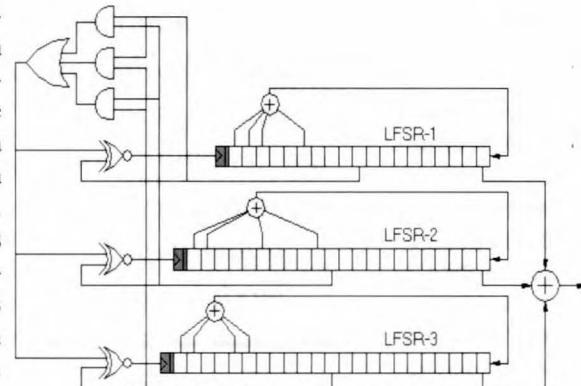


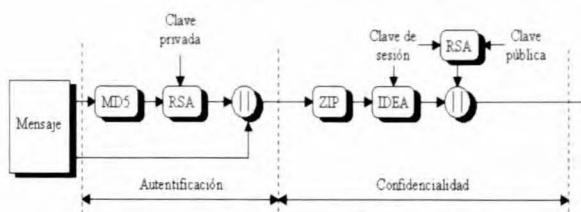
Figura 1.-Algoritmo A5 de GSM

taba ejecutar */bin/sh*. Si lo lograba, el gusano disponía entonces de un Shell que se ejecutaba en la máquina atacada.

Cada vez que el gusano lograba el acceso a una nueva máquina, verificaba si en ella existían copias activas del mismo. En tal caso, la nueva copia salía, excepto una vez de cada 7, tal vez para mantener al gusano en propagación, incluso en el caso en que el administrador del sistema tuviera su propio gusano para engañar al gusano real. El uso de 1 por cada 7 creó un número enorme de gusanos y fue la razón por la que poco tiempo después, las

máquinas infectadas fueron obligadas a parar: estaban totalmente infectadas por gusanos. Por suerte, el gusano de Morris no era dañino y sólo reproducía copias de sí mismo.

Desde entonces, se han incrementado las medidas de seguridad de las redes y se han creado nuevos



**Figura 2.-Mecanismo de autenticidad y confidencialidad en PGP**

estándares de seguridad en la transmisión de datos, gestión de claves, etc.. El uso de estos sistemas es más cercano a nuestras vidas de lo que pueda parecer a simple vista.

Para amenizar la descripción de los sistemas más importantes actualmente (sería imposible comentarlos todos), en vez de enumerarlos en una lista, he pensado en narrar la siguiente historia.

Es posible que después de leer este interesante artículo, te acuerdes de que mañana es el cumpleaños de tu novio/a. Rápidamente, te diriges al cajero automático más cercano para sacar dinero y comprarle un regalo. Después de introducir la tarjeta de crédito, el cajero te pide un número (una especie de password): el PIN (Personal Identification Number). Lo que no saber es que ese número se cifra con un algoritmo llamado DES cuyo resultado está almacenado en la banda magnética, y es con el que se compara para validar tu identidad (la descripción de los métodos de cifrado DES, IDEA, RSA, ElGamal, las funciones hash MD5, SHA y los protocolos de comunicaciones se pueden encontrar en cualquier libro genérico de criptografía, como por ej. [2]).

Un poco más tarde, te diriges a una cabina telefónica desde donde piensas llamar a tu pareja para quedar mañana. Como no llevas suelto, utilizas la teletarjeta de Telefónica (usada como monedero electrónico). Dichas tarjetas inteligentes llevan un chip incorporado, y a diferencia de la banda magnética, puede realizar una autenti-

ficación mutua de los dos interlocutores, realizar cálculos y almacenar datos.

Si tu pareja es de las que se han comprado un teléfono móvil digital, la señal que recibirá en el terminal estará cifrada. En el sistema GSM, la seguridad se implementa mediante un protocolo de autentificación que utilizados algoritmos,

el A3 y el A8. Durante la transmisión, la información se cifra bit a bit mediante el algoritmo A5. Según Schneier [3], el esquema del A5 (deducido de su código fuente), es tal como se indica en la figura 1.

El generador se compone de 3

LFSR de longitudes 19, 22 y 23. De cada registro, se toma el bit central y se realiza una votación por mayoría. Sólo cambian de estado los LFSR cuyo bit intermedio coincide con la votación. La salida es la suma de los últimos bits de los 3 registros.

Sin embargo, tu pareja tiene conectado el buzón de llamadas y simplemente le dejas el recado. Entonces decides mandarle también un mail para asegurarte de que va a recibir tu mensaje y te diriges a la sala de ordenadores.

Existen multitud de programas informáticos comerciales que implementan mecanismos criptográficos para proteger la información. Uno de estos mecanismos, por ejemplo, es el cifrador en flujo RC4, secreto hasta hace poco, utilizado en Lotus Notes, Apple's Computer AOCE, Oracle Secure SQL, ... y también en Netscape. El funcionamiento de este cifrador se describe en [3], donde también aparece el código C para que cualquiera lo pueda implementar, salvo en un programa comercial ya que está patentado. Existen muchos algoritmos que están patentados (algunos sólo en EEUU), como el RSA, el RC4, ... y para poder usarlos comercialmente es necesario pagar royalties. Para evitar esto, se han diseñado otros esquemas equivalentes no patentados, como por ejemplo, ElGamal frente al RSA.

Una vez delante del ordenador, utilizas el correo electrónico. Dependiendo de la máquina en la que te encuentres y el programa que ejecutes, utilizarás un sistema u otro. Uno de estos esquemas de correo es el llamado PGP (Pretty Good Privacy), desarrollado por Zimmermann.

Su idea no fue desarrollar ningún nuevo tipo de cifrado, sino seleccionar los mejores sistemas disponibles e integrarlos en una aplicación de propósito general. En concreto, se escogió RSA para la gestión de las claves, IDEA para el cifrado simétrico de la información y MD5 como función hash para la autentificación del mensaje.

Las funciones hash, como el MD5, el SHA, ... son funciones que dada una tira de bits de cualquier longitud, devuelven un número fijo de bits (128 para el MD5 y 160 para el SHA), y además, dado el resultado, es muy difícil conocer un mensaje que produzca el mismo resultado.

Además del PGP, existen otros sistemas que se utilizan para correo electrónico. Muchos están estandarizados, como el MHS (Servicio de manejo de mensajes de Novell), y otros no, como el POP (Post Office Protocol, sólo para PC y Mac). Pero los más importantes son el PEM (Privacy Enhanced Mail) y el SMPT (Simple Mail Transfer Protocol) que son los algoritmos estándares en Internet. A diferencia del PGP, el PEM utiliza del DES en modo CBC para cifrar la información, y el RSA junto con el MD2 o MD5 para proporcionar la autentificación del mensaje.

Todos estos sistemas permiten que el envío de los mensajes esté lo suficientemente protegido como para evitar las posibles intercepciones y escuchas durante la transmisión.

Finalmente, como ya has enviado el mail que querías y ya no tienes nada que hacer, te pones a navegar por Netscape. Si te fijas, cuando le das al menú *About Netscape...* dentro de la ayuda, aparece una pantalla con información sobre la versión, si utiliza Java, y por último el sistema criptográfico que utiliza. En la versión 2.02, se utilizan los mecanismos RSA, MD2, MD5 y RC4. Por cierto, ya que estás en Internet, si quieres conocer algo más sobre el tema, busca esta dirección: <http://www.quadralay.com/www/Crypt/Crypt.html>.

## Bibliografía

- [1] D.KAHN, *The Codebreakers*. 1967
- [2] W. STALLINGS, *Network and Internetwork Security*. Prentice-Hall. 1995
- [3] SCHNEIER. *Applied Cryptography*. John-Wiley & Sons. Segunda edición. 1996





# LA CIENCIA MÁS DIFÍCIL DE TODAS

Miguel Escudero

**S**E nos dice que hay un millón y medio de matriculados en las universidades españolas, el doble de los que había en 1983, y que nos hemos convertido en menos de veinte años en el país europeo que tiene el mayor número de estudiantes universitarios en relación con la población total. Esta noticia debería llenarnos no ya de satisfacción sino de entusiasmo, si indicase un progreso notorio en el rigor y la calidad de las ideas que se manejan a diario en nuestro alrededor. Eso supondría una eclosión de talento y afán creativo en diferentes órdenes, lo que lamentablemente no sucede. Pero con los números se puede uno hacer muchos enredos, sobre todo si colaboran con empeño los demagogos -'empresarios de la alteración' los llamó Ortega-, que "hostigan a los hombres para que no reflexionen, procuran mantenerlos hacinados en muchedumbres para que no puedan reconstruir su persona donde únicamente se reconstruye, que es en la soledad", se lee en *El hombre y la gente*.

Para no caer en engaño, propio o ajeno, es recomendable estar en guardia contra un vicio

que Leibniz -nacido hace ahora tres siglos y medio y catalogado de gran optimista- fustigaba con toda claridad: dar por válido aquello que no es evidente. John Allen Paulos, que trató las consecuencias del analfabetismo matemático en *El hombre anumérico*, acaba de publicar *Un matemático lee el periódico*, libro donde declara con toda naturalidad que "las sociedades, como se sabe, no tienen inteligencia, pero en época de crisis -guerra, pánico bursatil, epidemias, disturbios- desarrollan una forma primitiva de cohesión, una semiconsciencia que se parece quizás a la de un retrasado mental sumido en un profundo estupor causado por drogas", de este modo "lo que la sociedad percibe es vago y general y abre un amplio espacio para el desarrollo del equivalente sociológico de los sueños y las alucinaciones". Claro está que, aspirando a una vida personal, no nos puede seducir este grado de vivencia.

Desde hace unos años y aunque nadie hable de ello, es bien perceptible un

desmoralizamiento de gran calado, descomunal es la palabra, entre los profesores de instituto, muy en particular. No solo ha aumentado de forma extraordinaria el número de horas perdidas por bajas laborales, sino que muchas de estas son debidas a estrés o a depresiones. Digamos también, de pasada, que en los centros de enseñanza media la moda (es decir, lo que más abunda) entre los profesores de matemáticas, de los

que tengo más noticias, es ser mujer (lo cual me parece estupendo; al menos la mitad de mi pequeña promoción de la facultad de Matemáticas de Barcelona eran chicas) y licenciada en Biología (lo cual no me parece tan bien para ellas porque aunque sepan más que suficiente no es *lo suyo*, pero en algo hay que trabajar...).

Quizá pudiera aplicarse la frase de Leonardo da Vinci: *Chi non puó quel che vuol, quel che puó voglia* ('El que no pueda lo que quiere, que quiera lo que puede'). Pero me temo que no es este el caso. Fundador de la Institución Libre de Enseñanza, Fran-

MIGUEL ESCUDERO es profesor del Departamento de Matemática Aplicada y Telemática de la ETSETB en la UPC.

cisco Giner de los Ríos (1839-1915) pedía convertir las lecciones en una conversación familiar, práctica y continua entre maestro y discípulo. ¿Se preparan las condiciones que hagan esto posible y estimulante? ¿O, más bien, nos vemos acometidos por una desplorable escasez de horizontes y de ideales? Para Giner "de héroes no hay razas: todos podemos y debemos serlo. Todos lo somos, con sólo romper el yugo de la vulgaridad". Pero "¿qué es la vulgaridad? La dictadura del egoísmo, la servidumbre de la rutina y la indiferencia por las grandes cosas". Es preciso pues liberarse de la mística autoridad que ejercen sobre nosotros las ideas entendidas a medias, y aceptadas inercialmente, que pueblan nuestras cabezas.

Ahí reside, a mi juicio, el principal papel y atractivo del profesor. ("Dadme el maestro y os abandono la organización, el local, los medios materiales, cuantos factores, en suma, contribuyen a auxiliar su función. Él se dará arte para suplir la insuficiencia o los vicios de cada uno de ellos", proclamaba Giner un siglo antes de la anunciada era digital.) En una palabra, se trata de ayudar a pensar, algo que casi nadie quiere y que requiere un esfuerzo que despierta poco apetito. Albert Camus en *El mito de Sísifo* anota que pensar es aprender de nuevo a ver, dirigir la propia conciencia, hacer de cada imagen un lugar privilegiado. Sobre todo, pensar es "querer crear un mundo (o limitar el propio, lo que equivale a lo mismo)". Con ese tesón podemos evadirnos y superar el mezquino entorno acechante.

No creo equivocarme, la experiencia me lo va demostrando,

si digo que la ilusión puede contagiar también en una aula. Tanto da que los niveles de conocimiento y entendimiento estén por los suelos, cuando esto ocurre (casi es lo habitual), lo primero que hay que hacer es aceptar la realidad y asumirla. A partir de ahí, sacar algún partido. Por de pronto, hace sesenta años, Juan de Mairena (el 'alter ego' de Antonio Machado) recomendaba a sus discípulos que entrasen en el mundo literario "curados de ese *snobismo* para el cual sólo es nuevo el traje que lleva todavía la etiqueta del sastre, y es sólo un elegante quien así lo usa. Porque si los profesores no servimos para preveniros contra una extravagancia de tan mal gusto, ¿qué provecho sacaréis de nosotros?" Lo mismo podría decirse en la antesala de otros mundos.

Cuando se alcanza ese gusto por rechazar la confusión de las apariencias, se está más libre y más preparado para desarrollar alegría. En el primer siglo de nuestra era, el misterioso árbitro Petronio escribió en *El Satíricón* que "los que tan solo se ocupan de amontonar riquezas no quieren que a los ojos de los hombres haya nada superior a lo que ellos detentan. Eso los lleva a atacar por todos los medios posibles a los cultivadores de las letras, pretendiendo demostrar que también los literatos están a merced de su dinero". Así sucede actualmente con enorme frecuencia, y cabe

reseñar que quienes pretenden ir por la vida con el salvaconducto de 'progresistas' no son los últimos en cobrar alquiler.

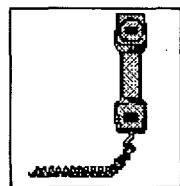
*Para aprender de veras cualquier cosa que nos valga la pena hay que perder primero el miedo a no saber, el miedo a la realidad.*

Siempre un tentáculo hacia los corazones de mañana". De Ortega ha dicho el catedrático norteamericano Harold Raley que al leerle notó que "su lenguaje arrebataba, y había allí ideas con las que darse un festín durante años".

Para aprender de veras cualquier cosa que nos valga la pena hay que perder primero el miedo a no saber, el miedo a la realidad. Para Ortega "esto de saber, de verdad, que, de verdad, no se sabe es música con muchos bemoles. Tal vez constituye el más difícil y delicado saber". Es más, "si se quiere, de verdad, hacer algo *en serio* lo primero que hay que hacer es callarse. El verdadero saber es mudez y taciturnidad". Mira por dónde, la mejor lección que puede transmitir la universidad es la plena libertad ante la vida: no necesitar salir del anonimato, saber no existir, "tal vez la ciencia más difícil de todas". Y sin embargo hacer sentir la "necesidad de ser lo que no se es" y la responsabilidad que ello comporta. Toda universidad que potencie una 'política' incompatible con esta lección es inferior a sí misma.

Publicado en la revista de pensamiento "Cuenta y Razón".





# LOS "TURBO CÓDIGOS", NUEVOS SUBSISTEMAS DE CODIFICACIÓN DE CANAL PARA MEJORAR LA TRANSMISIÓN DIGITAL DE GRAN CAPACIDAD

Enric Armengol Roig, J.A. Delgado-Penín

**H**oy en día no es sorprendente que la información se codifique con objeto de controlar (detectar y corregir) los errores que se originan como consecuencia del paso de las señales por el medio de transmisión. Es más, resulta difícil pensar en un sistema que no incorpore tales mecanismos. Si se analizara el lenguaje natural, se observaría en él multitud de reglas (fonéticas, ortográficas, léxicas, sintácticas,...) que permiten que sólo muy pocos de los posibles mensajes recibidos tengan sentido. Debido a esta *redundancia* se puede distinguir un mensaje que llega «limpio» al receptor de otro que se ha visto distorsionado por el medio a través del cual ha sido transmitido.

Por otra parte, en caso de recibir un mensaje erróneo no es extraño que el subsistema receptor trate de buscar el mensaje (con sentido) que se asemeje más al recibido, es decir, que cumpla las reglas que permiten admitir el mensaje recibido como «bueno» con el mínimo cambio significativo sobre el mismo. Tampoco resulta nada raro que el receptor del mensaje pida la retransmisión de

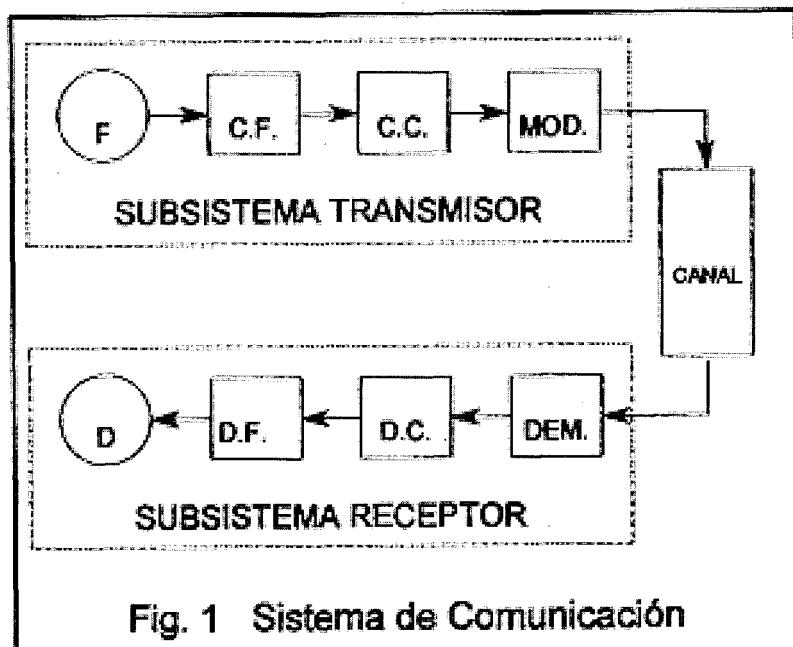


Fig. 1 Sistema de Comunicación

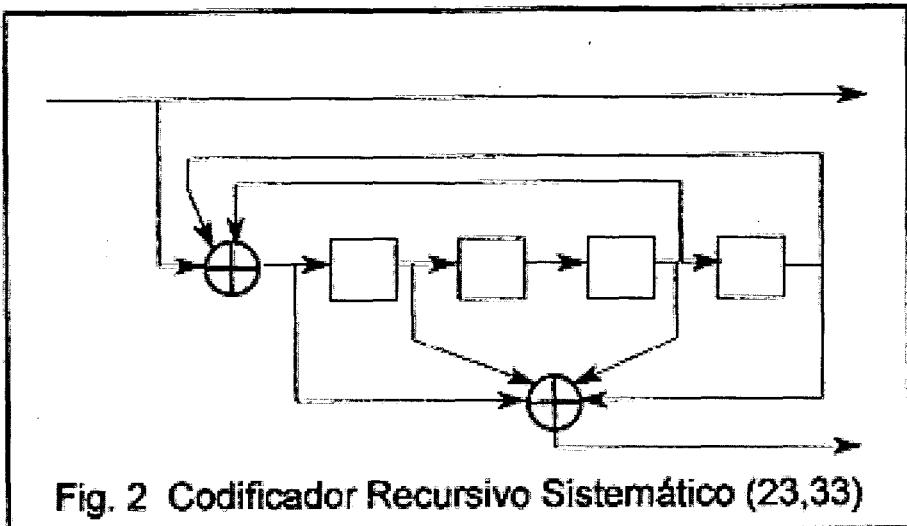
aquel en caso de verse incapaz de reconstruir la información desvirtuada.

El precio que se paga por disponer de un subsistema capaz de reducir la probabilidad de recibir un mensaje erróneo es aumentar la longitud del mensaje. Así pues, la importancia del sistema corrector de errores estriba en disminuir los errores en recepción, bien aumentando la longitud del mensaje de forma mínima, o bien intercambiando tiempo de transmisión por fidelidad de la infor-

mación recibida. La protección de un sistema contra las perturbaciones que puedan afectar a la información transmitida se lleva a cabo en el transmisor (a la entrada del modulador). De forma análoga, la eliminación de toda la *redundancia* que introduce dicha protección se efectúa en el receptor (a la salida del demodulador), tal y como se puede observar en la figura 1.

La codificación de canal desarrolla y analiza códigos orientados a facilitar la detección y corrección de los errores ocasionales que pueda in-

ENRIC ARMENGOL ROIG es proyectista en la ETSETB.  
JOSÉ ANTONIO DELGADO-PENÍN es profesor de la ETSETB y catedrático de Universidad.



**Fig. 2 Codificador Recursivo Sistemático (23,33)**

troducir el canal de transmisión. En todo sistema de transmisión de la información es tan importante disponer de una buena codificación de canal, como lo puedan ser la integridad y la fiabilidad de la información que alcanza al destinatario.

Por lo que respecta a la investigación en teoría de la codificación, han sido muchos los avances que se han realizado hasta nuestros días, y también muchos los códigos desarrollados para reducir cada vez más la probabilidad de error en la entrega de la información al destinatario. Como consecuencia del conocimiento adquirido, se llega a un conjunto de criterios intuitivos que permiten establecer unas pautas generales en la búsqueda de nuevos códigos que superen en prestaciones a los anteriores. De este modo fueron propuestos en 1993 [1] los denominados "turbo códigos", cuyas sorprendentes características han sido desde entonces uno de los principales centros de interés de las investigaciones que se están llevando a cabo en este terreno.

#### El codificador

Los "turbo códigos" son una familia de códigos concatenados o unidos en paralelo. La creación de los mismos parte de un conjunto concreto de códigos básicos denominados **códigos constituyentes**, formán-

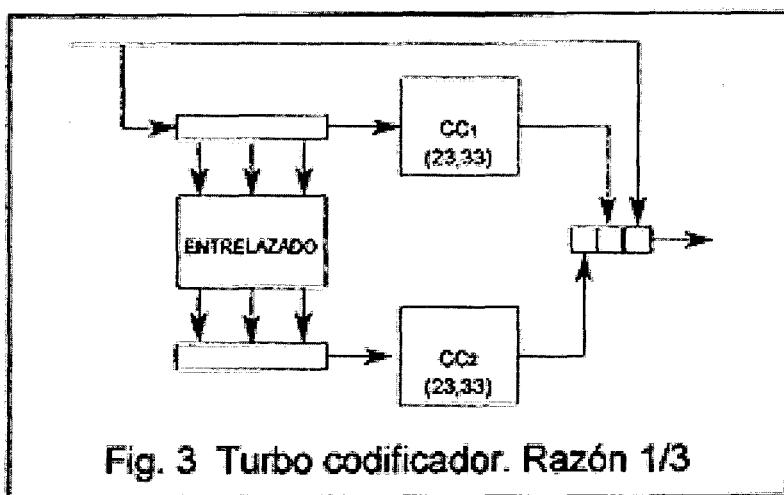
dose una palabra código de salida a partir de los bits de redundancia de cada uno de los códigos constituyentes. Un ejemplo de lo que significa la concatenación en paralelo puede ser el de imaginar que se está transmitiendo la misma información en dos lenguas distintas simultáneamente. La transmisión de un mismo mensaje con distintas codificaciones de forma simultánea puede facilitar el proceso de detección y corrección de errores en el receptor de manera decisiva.

Los códigos constituyentes de los "turbo códigos" son códigos convolucionales. A pesar de que el ahorro de complejidad de decodificación en estos códigos, por hacerlos sistemáticos (el bit de entra-

da aparece en la palabra código) sea despreciable y no haya razón alguna para definirlos de esta manera, toda la bibliografía que se encuentra hace referencia a ellos. Se consideran códigos binarios, siendo de la misma clase sus códigos constituyentes.

De los estudios realizados se desprende que los códigos constituyentes que proporcionan mejores prestaciones son los *Códigos Convolucionales Recursivos Sistématicos* (RSC). Los RSC son códigos convolucionales realimentados, es decir, la entrada al registro de desplazamiento del codificador no solo depende del bit de entrada, sino que, también es función del contenido de dicho registro. Los RSC son códigos de respuesta impulsional infinita. Cuando el vector representativo de las conexiones de realimentación está asociado a un polinomio primitivo, la salida en régimen permanente es una secuencia pseudoaleatoria de máxima longitud.

En la figura 2 se muestra un ejemplo de codificador RSC. Los códigos constituyentes en los "turbo códigos" se concatenan en paralelo por medio de **entrelazadores**. Esto significa que



**Fig. 3 Turbo codificador. Razón 1/3**



los bits se toman en grupos de una cierta longitud, proporcionando a cada codificador constituyente una permutación distinta de cada grupo. Barajando la información a la entrada de cada codificador, se pretende crear dependencia entre bits no consecutivos, dando a cada bit capacidad de corrección sobre otros bits alejados del mismo. Estos códigos pueden verse como *códigos entrelazados* que se transmiten simultáneamente, o bien como la transmisión en paralelo de la información codificada, por canales *entrelazados*. Cabe observar que cada *canal entrelazado* facilita al decodificador la corrección de ráfagas de errores a la vez que disminuye la tasa de errores que aparecen distribuidos de forma aleatoria.

Los "turbo códigos" son códigos lineales, puesto que la salida se puede obtener como superposición de respuestas a las excitaciones que componen la entrada. Los entrelazadores fuerzan una respuesta impulsional distinta a cada bit del grupo que se permuta, confiriéndole al subsistema un carácter variante (cíclicamente).

A pesar de que la definición de los "turbo códigos" es muy genérica y deja abiertas muchas posibles combinaciones en función de la clase, número de códigos constituyentes y de los entrelazadores, los estudios realizados se centran en estructuras formadas por dos códigos constituyentes RSC binarios unidos por un entrelazador.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de "turbo codificador".

El papel que juega el entrelazador en la estructura es importante, pudiendo variar mucho las prestaciones del subsistema, según el tipo de entrelazador. Las prestaciones de

un subsistema mejoran aumentando el tamaño del entrelazador [2].

#### El decodificador

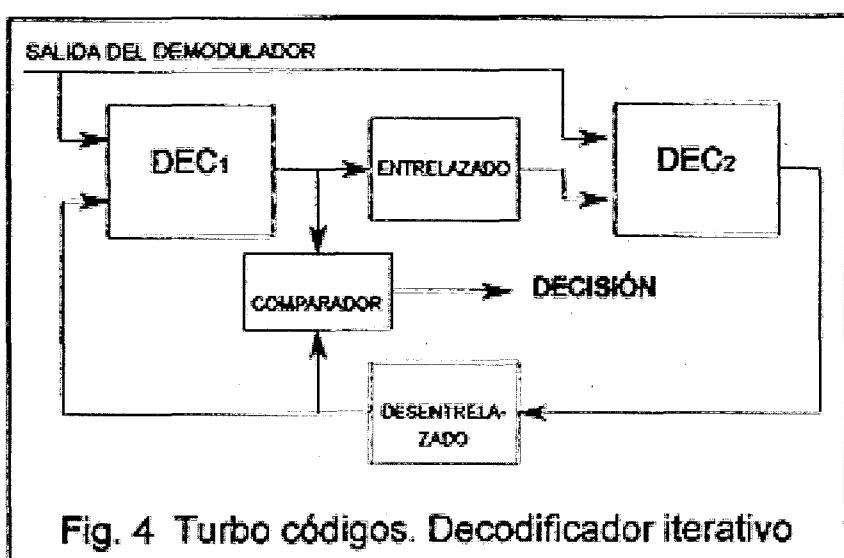
La decodificación de los "turbo códigos" no responde a un único algoritmo de decodificación. En el proceso de decodificación de códigos concatenados, dos o más decodificadores constituyentes suelen pretender tomar una decisión sobre una misma información recibida. La decisión final debe tomarse a partir de las decisiones de los decodificadores constituyentes y alguna información adicional que permita discriminar entre ellas. En este sentido, algunos de los algoritmos propuestos se basan en modificaciones sobre el algoritmo de Viterbi, con la intención de obtener a la salida del

decodificador algún tipo de información de fiabilidad además del símbolo decodificado. Esta idea motivó la aparición del SOVA (Soft Output Viterbi Algorithm) a finales de los ochenta [3]. Este tipo de algoritmos suponen una clase subóptima de decodificación de los "turbo códigos", dada su incapacidad de obtener

una distribución de probabilidades a posteriori (APP) para cada símbolo recibido, aunque la degradación que introducen no es muy significativa si las operaciones se realizan bit a bit.

Otra posibilidad es la de los algoritmos de decodificación que hacen uso de la máxima probabilidad a posteriori (MAP). Estos algoritmos, conocidos desde principios de los setenta y menos populares que el algoritmo de Viterbi se han visto reavivados recientemente con la aparición de los "turbo códigos". En ellos, el decodificador proporciona a la salida la secuencia de distribuciones APP de los símbolos de información, es decir, sin forzar decisión alguna facilita la información más completa posible sobre el conjunto de palabras código para cada palabra recibida, después de haber recibido toda la secuencia. La decodificación por medio de algoritmos basados en la MAP es óptima si se conoce la probabilidad a priori asociada a cada palabra código.

El decodificador se compone de tantos decodificadores constituyentes como códigos constituyentes tiene el código y cada uno de ellos calcula una distribución APP a partir del símbolo demodulado y de una distribución de probabilidades a la entrada, de acuerdo con las reglas que rigen su código. El algoritmo central de cada uno de estos bloques se basa en el algoritmo de Bahl o en modifi-



**Fig. 4 Turbo códigos. Decodificador iterativo**

#### Los códigos constituyentes de los "Turbo Códigos" son códigos convolucionales

ochenta [3]. Este tipo de algoritmos suponen una clase subóptima de decodificación de los "turbo códigos", dada su incapacidad de obtener

caciones del mismo [4]. Este algoritmo óptimo, no es implementable puesto que precisa de toda la secuencia de símbolos demodulados para poder proporcionar la secuencia de distribuciones APP. Este problema se puede salvar transformando el “turbo código” en un código bloque equivalente. Como consecuencia, disminuye la velocidad de transmisión.

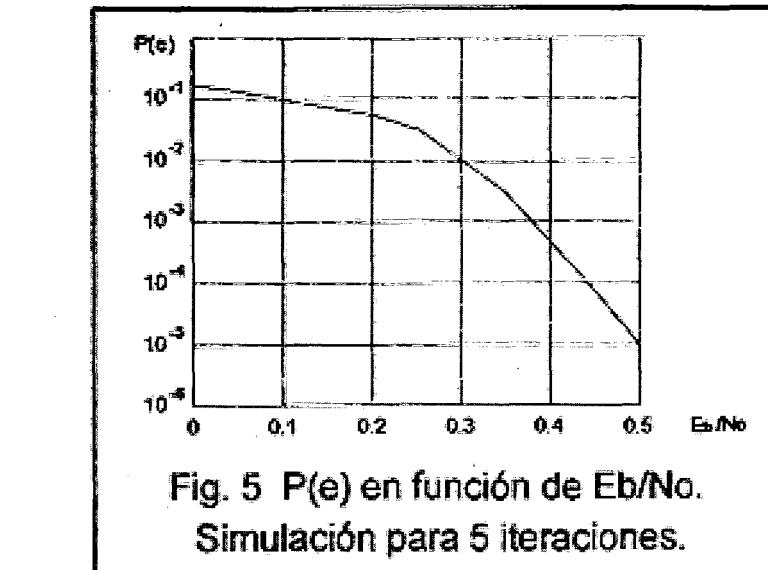
La secuencia final de distribuciones APP se alcanza por un método iterativo en el cual la secuencia de distribuciones APP de salida de un decodificador constituyente alimenta la entrada de otro, siendo previamente entrelazada o desentrelazada (según corresponda), hasta que la diferencia entre estas distribuciones sea insignificante. La convergencia de dicho método depende de la relación señal-ruido, requiriendo mayor número de iteraciones como menor sea dicha relación. En la figura 4 puede verse el esquema del decodificador.

### Prestaciones y Aplicaciones

Los “turbo códigos” poseen unas características que los hacen muy útiles para comunicaciones digitales en las que se precisa alta fiabilidad con baja relación señal-ruido. Se han obtenido por simulación ganancias muy cercanas al límite teórico de Shannon, a la vez que se utilizan técnicas iterativas de decodificación relativamente simples. En la figura 5 se muestra la tasa de error con el decodificador descrito, en función de la relación señal-ruido, después de hacer cinco iteraciones.

Son sus buenas prestaciones con cocientes señal-ruido bajos los que hacen que estos códigos se estén imponiendo cada vez más como los favoritos para comunicaciones digitales muy exigentes (TV digital, etc..).

Como inconveniente cabe constatar que los “turbo códigos” no son apropiados en aplicaciones sensibles al retardo de decodificación, a menos que no se transmitan tramas



**Fig. 5  $P(e)$  en función de  $Eb/N_0$ .  
Simulación para 5 iteraciones.**

cortas. Existen estudios realizados sobre “turbo códigos” orientados a sistemas de transmisión con tramas de 192 bits (según recomendación GSM), para aplicaciones de transmisión de voz en sistemas móviles.

Los “turbo códigos” se contemplan también como un buen compromiso entre prestaciones y complejidad para los sistemas COFDM [5], adoptados para el proyecto Europeo de Radiodifusión Digital y con las mismas perspectivas para los proyectos de Teledifusión Digital.

Hoy en día se dispone de los primeros circuitos integrados a muy alta escala de integración (VLSI) que permiten construir sistemas de transmisión digital que facilitan tasas de

error en usuario de 10-7 con relaciones señal-ruido de entrada de los receptores de 3 dB. Dado que la investigación en este campo se está llevando a cabo

por muchos equipos científicos/ingenieros, ya se están alcanzando en algunos diseños (probados en simulación mediante ordenador) especificaciones técnicas que bordean los límites teóricos previstos por Shannon en toda transmisión digital: razones señal-ruido de

0,5dB para una probabilidad de error en el bit (tasa de error en usuario) de 10-5.

### Bibliografía

[1] C. BERROU, A. GLAVIEUX, P. THITIMAJSHIMA, *Near Shannon Limit Error-Correcting Coding And Decoding: Turbo Codes (1)*, Proceedings ICC'93 Geneve, Suiza, mayo 1993, pp. 1064-1070

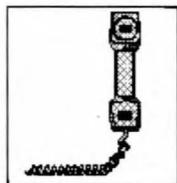
[2] S. BENEDETTO, G. MONTORSI, *Design of Parallel Concatenated Convolutional Codes*, IEEE Transactions on Communications, mayo 1996, Vol. 44 n°5, pp. 591-600

[3] J. HAGENAUER, P. HOEHER, *A Viterbi Algorithm with Soft-Decision Outputs and its Applications*, Proceedings of GLOBECOM'89, Dallas, Texas, noviembre 1989, pp. 47.1.1-47.1.7

[4] S. BENEDETTO, D. DIVSALAR, G. MONTORSI, F. POLLARA *Continuous MAP Algorithms and their Applications to Decode Parallel and Serial Code Concatenations*, F i f t h ESA International Workshop on Digital Signal Processing Techniques Applied to Space Communications, Sitges (Barcelona), 25-27 septiembre 1996, pp. 8.10-8.24

[5] JUAN DARÍO CAPILLAS DIOSDADO, *La Radiodifusión Digital y el OFDM*, Revista Buran, abril 1996, año 3 n°7, pp. 53-56





# DESARROLLOS FUTUROS EN APLICACIONES COMANDADAS POR VOZ

Xavier Pérez González

**L**l reconocimiento de lenguaje es un campo en constante evolución y desarrollo desde las últimas dos décadas. Tras varios años de estudio e investigación, las exigencias del mercado requieren la implementación de aplicaciones específicas en las que gracias a la interacción automática con los equipos informáticos las empresas pueden obtener una mayor competitividad.

Durante la década de los 80 el campo de reconocimiento de lenguaje estaba orientado al estudio y desarrollo de técnicas que fuesen capaces de procesar y reconocer la información vocal. Tras esta etapa, durante los 90, entramos en una fase de transición, en que surgen aplicaciones que interactúan con el usuario. Hoy día, el reconocimiento de lenguaje está en claro crecimiento, y moviéndose rápidamente hacia el mercado informático. En junio de 1996 IBM presentó en Nueva York el paquete VoiceType 3.0 para Windows 95, permitiendo a los usuarios trabajar con su ordenador personal mediante simplemente la palabra hablada. Sin siquiera tocar el teclado o ratón, los usuarios pueden abrir aplicaciones, dictar memos, enviar mensajes y edi-

tar documentos con un reconocimiento suficientemente preciso.

Otras grandes firmas, como Hewlett Packard y Philips, trabajan sobre reconocimiento para desarrollar productos en los que es necesario que se utilice el diálogo como interfaz de entrada, dado que por su tamaño reducido no es posible la interacción con un teclado. Al mismo tiempo, vemos cómo la telefonía celular reduce cada vez más y más el tamaño de sus terminales, hasta el punto en que el factor limitador es el teclado numérico.

El reconocimiento de lenguaje tiene también aplicaciones inmediatas en aquellos entornos en que el usuario tiene la vista ocupada, y no puede atender al teclado o dispositivo de entrada manual. Por poner un ejemplo, la Agencia Espacial Europea (ESA) planea utilizar el reconocimiento verbal en sus misiones espaciales y asimismo éste resulta de gran utilidad en los pilotajes de aviones militares y comerciales.

Sin embargo, uno de los principales objetivos del reconocimiento de lenguaje es el de facilitar la distribución de información. Frecuentemente tiene lugar una interacción con sistemas telefónicos y gestores de bases de datos que forman parte de un sistema de información y comunicaciones mucho mayor. Es aquí donde las operadoras telefónicas

(PTT) juegan un papel importante en el campo del reconocimiento. Este es el caso de Telefónica, AT&T, British Telecom, etc.

Con la entrada en la *era de la información*, inmediatamente surge la necesidad de crear servicios automatizados capaces de interactuar con el usuario. La *Tecnología de la Información* (IT) revoluciona mercados y es con creces una de las más importantes fuentes de ingresos financieros. En este ambiente se crea en Europa el organismo I\*M Europe (*Information Market Europe*), para hacer frente a la corriente de cambios que tiene lugar en la sociedad.

I\*M-Europe actúa como intermediario para dar soporte a las acciones de la Dirección General de Telecomunicaciones, Mercado de la Información y Valorización de la Investigación (DG-XIII) de la Comisión Europea, cuyo objetivo es el de estimular el mercado europeo de servicios electrónicos de información y las industrias de contenido multimedia. Desde I\*M-Europe se define el *Programa de Aplicaciones Telemáticas*, que queda dividido en



Figura 1.- El organismo I\*M Europe concibe el Programa de Aplicaciones Telemáticas

XAVIER PÉREZ GONZÁLEZ es estudiante de PFC en el Grupo de Procesado Digital de la Señal, Universidad Politécnica de Cataluña.  
E-mail: algonza@gps.tsc.upc.es

tres grandes campos: *Ingeniería de Información*, *Ingeniería de Lenguaje* y *Aplicaciones para Bibliotecas*.

Gracias al progreso alcanzado en la ingeniería de lenguaje, se pueden implementar teleservicios accionados por voz de gran aplicación en:

- **servicios de información** (información del horario de trenes,...)
- **servicios de transacción** (televentas,...)
- **servicios de procesado de llamada** (correo por voz,... )

Existen muchas empresas europeas activas en la creación de tales servicios y que ofrecen la tecnología de voz necesaria para ello. Para la implementación de la tecnología de procesado de voz y de aplicaciones flexibles de lenguaje (como el reconocimiento de lenguaje o la verificación de persona), hacen falta recursos específicos del lenguaje hablado, concretamente bases de datos de voz y léxico que aporten medios de flexibilidad y facilidad de adaptación a nuevo vocabulario, en contraposición a los métodos utilizados hasta ahora, en que la creación de bases de datos de vocabulario específico era un prerequisito para la implementación de un reconocedor de lenguaje.

Con el objetivo de fomentar la creación de esta serie de recursos y de alcanzar el grado de competitividad de las compañías norteamericanas, que parten de un extenso mercado monolingüe, se creó el consorcio *SpeechDat*, que pretende abrir el camino por el que se muevan las empresas europeas, que parten de un mercado multilingüe. El proyecto *SpeechDat* es una iniciativa financiada por la CEC (Comisión de las Comunidades Europeas), LRE-63314, que da cobertura a los campos de producción, estandarización, evaluación y diseminación de los SLR (*Spoken Language Resources*, Re-

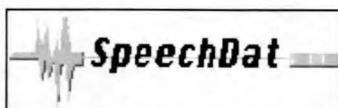


Figura 2.- logotipo de *SpeechDat*



Figura 3.- Consorcio *SpeechDat*. En negrita se marcan las instituciones participantes en la elaboración de *SpeechDat(I)* en castellano

cursos de Lenguaje Hablado). Uno de sus principales objetivos es el de ayudar a crear Infraestructura Europea para la distribución y evaluación de los Recursos de Lenguaje.

Los SLR son bases de datos de voz que incluyen anotaciones adjuntas, léxico de pronunciación y materiales de modelado del lenguaje que son necesarios para el desarrollo y uso del reconocimiento de lenguaje y la tecnología de síntesis de voz. Los SLR son necesarios por una parte para desarrollar aplicaciones sistemas de diálogo comandados por voz y basados en la tecnología disponible de reconocimiento de lenguaje y por otra parte para desarrollar una tecnología de reconocimiento de voz que soporte lenguaje espontáneo y real, y lleve a productos de la década de los 2000. A corto plazo, las compañías europeas con actividad en el área de aplicaciones comandadas por voz tendrán una mayor participación en el sector de las telecomunicaciones, ya que en Europa existe una fuerte base de productos en este sector. Los teleservicios, que estarán parcial o totalmente automatizados gracias a la utilización de tecnología de voz actual, abarcarán un mercado de varios billones de Euros anuales sólo en Europa. Habrá una gran competencia con las compañías y operadoras estadounidenses, que se beneficiarán de su gran base económica monolingüe y además pueden tomar provecho de la liberalización del mercado de telecomunicaciones europeo.

*SpeechDat* surge de una iniciativa financiada por el IV Progra-

ma de Estructura de la Unión Europea, Aplicaciones Telemáticas, cuyo objetivo es el de crear bases de datos de voz con amplia cobertura y aplicación de las diferentes lenguas habladas en Europa. Para cada lengua se aporta información suficiente para dar pie a una gran variedad de:

· **aplicaciones:** palabras y comandos orientados a aplicaciones, oraciones ricas fonéticamente, pronunciacições espontâneas.

· **estilos de diálogo:** órdenes y comandos, lenguaje espontáneo, lenguaje seleccionado.

· **influencias ambientales:** red de telefonía móvil y fija.

Se pretende que la base pueda ser utilizada para desarrollar, entrenar y evaluar sistemas robustos de reconocimiento del habla y de verificación de lenguaje para aplicaciones a medio plazo.

La duración del proyecto *SpeechDat* tal y como fue concebida va desde 1994 hasta 1998. Temporalmente se compone de dos fases (I y II), habiéndose iniciado ya la segunda de ellas. El proyecto *SpeechDat I* se inició en 1994, y consiste básicamente en una base de 1000 locutores para 7 idiomas europeos, que son danés, inglés, francés, alemán, italiano, portugués y español.

#### SpeechDat (I) en castellano



Figura 4: Mapa de distribución de población de locutores de *SpeechDat*



En la actualidad, *SpeechDat (I)* en castellano consta de una base de 1004 locutores grabada sobre la red de telefonía fija. Cada locutor pronuncia 43 elocuciones, entre las que están el nombre de la persona, el nombre de la provincia donde ha vivido más tiempo, números en diversos formatos, deletreos, fechas, horas, etc. Para la adquisición de la base, los locutores telefónean a un sistema de adquisición de voz, leyendo un texto que se les había asignado. La grabación fue realizada por Vocalis Ltd., en Inglaterra, donde ya se disponía de facilidades RDSI de banda estrecha.

Por el tamaño de la base, se consigue que haya una cierta abundancia de variantes dialectales del territorio español, diferentes edades de los locutores, y un equilibrio entre hombres y mujeres. Los locutores de la base en castellano se distribuyen según la estadística de la figura 5.

Si realizamos el mismo estudio para conocer los grupos de edad se obtiene la estadística de la figura 6.

Como especificación, el consorcio exige que en el conjunto global de la base debe haber como mínimo un 20 % de locutores cuya edad se ubique en los grupos 17-30, 21-45 y 46-60 años. Además un máximo del 40 % de los locutores serán menores de 17 o mayores de 60 años.

### Desarrollos futuros: SpeechDat II

La segunda fase, *SpeechDat II*, se puso en marcha en marzo de 1996

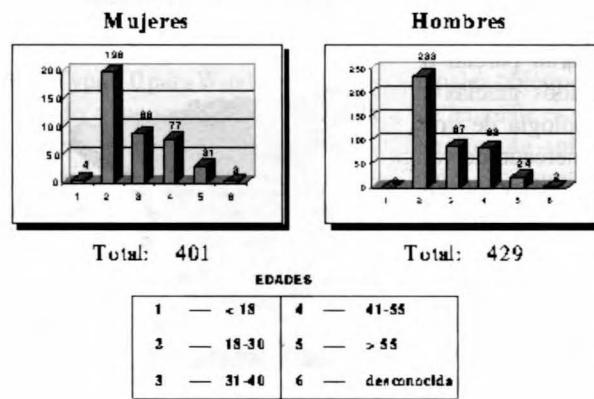
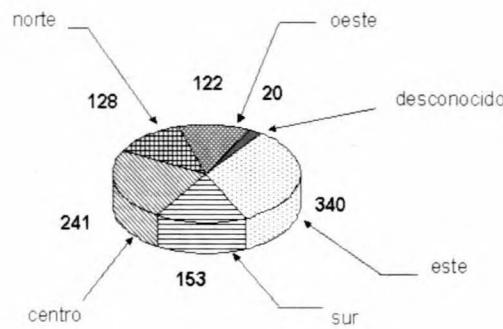


Figura 6: Distribución por edades de los locutores de *SpeechDat*.



**centro:** Ávila, Burgos, Cantabria, Ciudad Real, Guadalajara, Huesca, La Rioja, León, Madrid, Segovia, Soria, Teruel, Toledo, Valladolid, Zaragoza.

**norte:** Álava, Guipúzcoa, Navarra, Vizcaya.

**sur:** Almería, Archirona, Badajoz, Buenos Aires, Cádiz, Córdoba, Ceuta, Granada, Jaén, Las Palmas GC, Málaga, Murcia, SC Tenerife, Tánger, Tetuán.

**este:** Alicante, Baleares, Barcelona, Girona, Lleida, Tarragona, Valencia.

**oeste:** Asturias, La Coruña, Lugo, Orense, Oviedo, Pontevedra.

Figura 5: Distribución de la procedencia de los locutores de la base *SpeechDat*.

y durará hasta febrero de 1998. Con ella se dará cobertura de las 11 lenguas oficiales europeas (danés, holandés, inglés británico, finés, francés, alemán, griego, italiano, portugués, sueco y español), además de los idiomas noruego, esloveno, galés y variantes específicas del holandés, francés, alemán y sueco. Para cada lengua oficial se creará una base de datos de 5000 locutores grabada sobre la red telefónica fija y de 1000 locutores para las variantes, con el objetivo de ser utilizada en el entrenamiento y test de los sistemas de reconocimiento. Además, algunas de

las lenguas (un total de 5) dispondrán de una base de 1000 locutores grabada sobre la red de telefonía móvil, para el desarrollo y test de los sistemas de reconocedores bajo una red móvil de datos, y de una base de verificación de locutor (3 lenguas), en la que un grupo de usuarios realizarán repetidas

llamadas, para permitir el entrenamiento y test de los sistemas de verificación. En la actualidad existen propuestas de ampliación de *SpeechDat* hacia los países del este (en una extensión que se denominaría *SpeechDat-E*). Sin embargo razones presupuestarias y el hecho de que no existan organismos competentes de ayudas a la investigación en los países del Este hacen que la propuesta se retrase hasta nuevo acuerdo.

### Información y Bibliografía:

Profesor de contacto: ASUNCIÓN MORENO ([asuncion@gps.tsc.upc.es](mailto:asuncion@gps.tsc.upc.es)), Grupo de Procesado Digital de la Señal.

- <http://www2.echo.lu/dg13/en/dg13tasks.html>: Dirección General de Telecomunicaciones, Mercado de la Información y Valorización de la Investigación (DG-XIII).

- <http://europa.eu.int>: WWW de la Comisión Europea.

- <http://www2.echo.lu/telematics/home.html>: Programa de Aplicaciones Telemáticas de la Comisión Europea.

- <http://www2.echo.lu>: Institución I'M Europe definida por la Comisión Europea.

- <http://www2.echo.lu/langeng/en/le2/speechda.html>: Página del proyecto *SpeechDat*.