

EDITORIALES

MADRID

Bueno, ya estamos aquí otra vez. Si eres uno de esos afortunados que nos lees en Barcelona o en Valencia felicidades por la playa. Si eres uno de los que van de castizos por la Cibeles felicidades también, aunque quizás el Manzanares solo te de para remojar los pies, porque esta que lees es tu revista, escrita y maquetada en las tres ciudades al mismo tiempo por primera vez en su ya amplia historia.

Como todo proyecto que se precie ha costado. Al final, un grupo de intrepidos estudiantes, sin otras armas que su coraje, unas pizzas y unas tazas de café han dado a luz los artículos y la sección local de Madrid. ¡Y nunca mejor dicho, porque ha sido todo un éxito! Tras la caída en combate de nuestro servidor la dificultad de comunicación y la consiguiente falta de coordinación entre las diferentes personas embarcadas en este proyecto hacían presagiar negros nubarrones sobre nuestras cabezas, que gracias a grandes dosis de ilusión han pasado.

Sin lugar a dudas tenemos muchas cosas que aprender todavía, pero la ilusión que nos mueve en este proyecto es un motor muy potente, con el que esperamos captar tu interés.

Ante ti tienes la única revista técnica de la Escuela, con una sección común a las tres Ramas del IEEE y una sección local dirigida y producida en Madrid. Es seguro que desde hace unos meses has oido de nosotros, bien debido al Ciclo de Conferencias sobre Robótica, bien gracias al Seminario de Linux. Estre tus manos se encuentra un nuevo proyecto, como todos los demás hecho por estudiantes para estudiantes, y que tiene la particularidad de ser nacional. ¡Disfrutalo!

Agradecemos profundamente a Barcelona, el Big Brother de esta revista, la gestión de toda la publicidad, y a toda la gente que, de una u otra manera ha colaborado en ésta, tu revisita.

Un saludo desde nuestro garito en Madrid.

VALENCIA

Hoy en día, la información fácilmente disponible o la necesidad de estar informado, pasa casi necesariamente por el hecho de estar conectado. Internet crece día a día y cada vez que accedemos a la red descubrimos cosas nuevas, ya sea a nivel de grupos de News, Gopher... o sobre todo, como no, en el mundo Web donde miles de páginas se añaden cada día. Pero la conexión desde el domicilio particular todavía es cosa de pocos, como hace años lo era tener un ordenador. Mientras esto llega y mientras la prensa electrónica toma la fuerza y la versatilidad que ahora mismo tiene el correo electrónico, la prensa tradicional seguirá siendo un medio imprescindible para mantenerse al día. Y mucho más todavía en un mundo tecnológico como el de las telecomunicaciones, donde quedar obsoleto puede ser cosa de días. Ahí es donde radica la importancia de una revista como Buran, puesto que siendo una plataforma para articulistas fundamentalmente estudiantes, también está abierta a profesionales de la enseñanza o del mundo laboral. De esta manera la diversidad de artículos, la profundidad de los temas o el rigor de los mismos constituyen a la vez una de las características de la revista y uno de sus alicientes. Desde estas líneas queremos aprovechar la ocasión para animar a todos los miembros de la rama e incluso a los que todavía no lo son y a profesores, a escribir artículos sobre los temas que consideren de interés divulgativo.

Comienza a andar el proyecto común de colaboración entre las ramas de Madrid, Barcelona y Valencia que es la revista Buran. Y lo hace poco a poco y no sin esfuerzo y dedicación de todas las personas que han trabajado para que sea posible, ya sea mediante artículos escritos, la edición y paginación de los mismos o la coordinación de todas las tareas para que los plazos marcados se cumplieran. A todos ellos agradecemos una colaboración tan volcada como desinteresada.

BARCELONA

Aunque los temas de telefonía y redes están muy en voga en la actualidad, no todos nuestros investigadores concentran esfuerzos en la misma dirección. Periódicamente aparecen nuevas líneas de investigación que no por sorprendentes son menos meritorias. Un buen ejemplo de esto es la aplicación de la espectroscopia a la identificación de materiales pictóricos, la aplicación de la teoría de colas al control del tráfico urbano, las técnicas de diagnóstico por imagen.

No pretendemos hacer apología de los inventos extravagantes, pero tal vez deberíamos recuperar el espíritu de aquellos primeros ingenieros. Especialmente en cuanto a pragmatismo se refiere. Es tan importante el seguir desarrollando nuevas teorías como el encontrar nuevos campos de aplicación. Es pues necesaria una importante dosis de ingenio para multiplicar las salidas de las carreras técnicas. En concreto, aquellas aplicaciones del día a día que mejoran nuestra calidad de vida de una forma efectiva. En gran medida, son innovaciones en el campo de la medicina o en aquellos aspectos de interés más humano.

En esta línea, la Rama de Estudiantes del IEEE ha ofrecido una serie de conferencias de técnicas de diagnóstico por imagen que en nuestra opinión son una clara prueba de a qué se pueden aplicar nuestros conocimientos.

Quizás no seamos conscientes, pero la figura del científico ilustrado que domina todos los temas no existe hoy en día. Como ingenieros tendremos, aunque con una base amplia, un tema en el que seremos especialistas. Es habitual que en este tipo de proyectos el ingeniero deba trabajar conjuntamente con profesionales de otras disciplinas, lo cual aunque enriquecedor requiere amplitud de miras. Al organizar el trabajo, el saber cooperar con los compañeros nos permite abarcar empresas más ambiciosas.



CONDENADOS A ENREDARSE

Miguel Escudero

Los especialistas anuncian «autopistas de la información» en los países desarrollados para dentro de unos veinte años, y en particular algunos de ellos afirman de esa metáfora que será un fenómeno de masas o no será nada. En estos momentos la mejor aproximación que se tiene de ellas es la red informática *Internet*, a la cual en 1994 estaban conectadas treinta millones de personas, el 65 por ciento norteamericanas. (Los países que mayor aumento de conexiones -más del doble- registraron en el verano de 1994 fueron por este orden: la Argentina, Irán -sí, la antigua Persia-, el Perú, Egipto, las Filipinas, Rusia, Eslovenia e Indonesia.) Y para el año 2000 se preven mil millones de usuarios, otro orden de magnitud.

La aplicación más sencilla de *Internet* es el correo electrónico, con él las cartas llegan nada más ser enviadas. La nueva 'era digital' que se abre paso contraerá aún más nuestro planeta al eliminar la distancia para la información y producir un sentido transformado del espacio y del tiempo. Una vez registrados en *Internet*, si disponemos de un ordenador adaptado podemos conectar con la red desde cualquier lugar del mundo con solo introducir nuestra 'palabra clave' identificadora. Actualmente, estemos donde estemos podemos enviar y recibir al momento mensajes desconociendo el lugar físico en que se encuentre el remitente y el destinatario. Volando hacia Buenos Aires, por ejemplo, podré abrir las cartas que me lleguen a mi dirección: escudero@mat.upc.es, esto es, mi apellido (así lo escogí, podría haber adoptado un alias), 'arroba' (símbolo general), y las señales ya determinadas de mi departamento, mi universidad y nuestra nación (que me han entregado mi tarjeta de usuario).

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

A no tardar, además de cajeros automáticos y cabinas telefónicas habrán en las calles cabinas con ordenadores por si nos hemos dejado en casa nuestro «PC monedero». Estos, al precio de las máquinas fotográficas, permitirán hacer compras inmediatas con dinero digital o bien disponer de sugerencias sobre rutas alternativas de acuerdo con la situación del tráfico urbano o interurbano. Integrando informaciones de texto, audio y vídeo se podrá también dirigir una operación quirúrgica a miles de quilómetros del quirófano. Piénsese en los infinitos accesos de que se podrá disponer desde cualquier villorrio, e imaginense las repercusiones, en especial en cuanto a la redistribución de la población humana en el próximo siglo.

Nicholas Negroponte, fundador hace diez años del «Media Lab» perteneciente al mítico Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT, que inició su primer curso académico en 1865, el año en que fue asesinado Lincoln; por cierto, parece que la noticia del magnicidio tardó doce días en llegar a Londres), señala en su excelente libro *El mundo digital* que en menos de cinco años «la diferencia entre un televisor y un ordenador se reducirá a una cuestión de periféricos y a la habitación de la casa en que se encuentren». Al igual que hacemos con los periódicos, podremos empezar un 'Telediario' por donde prefiramos y saltarnos lo que no queramos ver. Puede anunciararse, pues, sin miedo a equivocarse que pronto irrumpirán nuevos modos en la propaganda.

El pasado mes de febrero, al poco de celebrarse las '24 horas en el ciberespacio', pomosamente denominadas también 'Primera Exposición Universal de Internet', Negroponte declaró en Cannes tras dar la conferencia inaugural de Milia'96 (el Mercado International de la Edición y los Nuevos Medios) que los dirigentes europeos estaban muy por detrás de los norteamericanos en cuanto a sensibilidad por los cambios tecnológicos, lo atribuía a que «les pesa

demasiado su historia». Creo que este gran experto en tecnología -a quien, según ha contado, no le gusta leer porque es disléxico- se equivoca en su diagnóstico: una cosa es la inercia y otra la historia, acaso, por contra, lo que nos pase es que no hemos reabsorbido suficientemente bien nuestra historia.

El matemático Norbert Wiener (1894-1964) destaca en su libro *Inventar (Sobre la gestación y el cultivo de las ideas)*, póstumo y público desde hace tres años, que «no podemos actuar impunemente como si el grueso de la literatura y las reflexiones que representan los logros y las especulaciones del pasado no estuvieran ahí». (Este profesor del MIT ideó el neologismo de *cibernetica* y fue el primero en empuñar el timón de esa nave científica. Como todo buen científico propugnaba formular lo esencial y desterrar lo inesencial, pero parece interesante recoger su opinión sobre Thomas Alva Edison: «fue un maestro no sólo de los negocios sino de la promoción personal, y adoptó como emblema personal una cierta simplicidad de carácter propia del artesano que no dejó de explotar».) Efectivamente, en los fundamentos informáticos podemos rastrear una suerte de filosofía, esto es, de *visión responsable*, que debiera ser conocida.

George Boole (1815-1864) es una figura señera del mundo científico. Desarrolló el álgebra de lógica, conocida hoy día como álgebra booleana, que es básica para el diseño de circuitos digitales y el desarrollo de algoritmos programados. Tenía unos 32 años cuando en «El análisis matemático de la lógica» expresaba su afán explícito por investigar con poder de simpatía la verdad, para lo cual -indicaba- hacen falta *sinceridad e imparcialidad*, a su vez mostraba creer en la armonía *siempre creciente* entre «las diversas ramas de toda ciencia verdadera». Siete años después publicó *An Investigation into the Laws of Thought, on Which Are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*, libro comúnmente conocido como «Investigación so-



bre las leyes del pensamiento». Ahí declaraba con su peculiar estilo abstruso que muchas partes de la ciencia no pueden ser estudiadas desde *dentro* sino desde un punto externo, y su cabal comprensión requiere contemplarlas en sus conexiones. Además, el mero ejercicio del raciocinio apenas permite comprender con *plenitud* las importantes cuestiones de fondo. No obstante, al considerar relaciones no nos corresponde «preguntar por el alcance completo de su posible significado (pues esto -dice- nos liaría en cuestiones metafísicas de causalidad que están más allá de los límites propios de la ciencia); pero es suficiente averiguar algún sentido que indudablemente poseen, y que es adecuado para los propósitos de la deducción lógica». A propósito: su mujer era sobrina del ingeniero Everest, el cual un año antes de morir pudo ver cómo se le ponía su apellido a una imponente montaña tibetana.

Más adelante resalta que las leyes fundamentales del pensamiento son matemáticas en su forma, verdad que hay que conectar con el hecho de la posibilidad de error. Cree que la estructura material está sometida en todas sus partes a las relaciones numéricas y que conocer el sistema completamente nos llevaría a percibir que todo el procedimiento universal era *necesario*, al igual que los movimientos del mundo inorgánico lo son.

«Como en las abstracciones puras de la Geometría, se ve también en el ámbito de la Lógica que el imperio de la Verdad es, en cierto sentido, más amplio que el de la imaginación». Tal reconocimiento nos puede facilitar corregir juicios previos y evitar lo superfluo o redundante. Para Boole la devoción *pura* por la verdad exige modestia intelectual.

En pos del arte de la infalibilidad y la matemática universal el destino del científico es «poseer una autoridad inherente y justa, pero que no logra siempre ser obedecida». A veces la ligereza afecta a los más sabios. Así, el paso del tiempo se ha encargado de desmentir *cruelmente* una sentencia rotunda del gran algebraista Cayley (1821-1895) sobre las matrices, objetos matemáticos fundamentales en electrónica e informática: «aquí al menos hay algo que no encontrará aplicaciones prácticas».

Otra de las ironías que asoma al borde del camino de la historia es la *serendipia*. En una de sus numerosísimas cartas Horace Walpole (autor de *The Castle of Otranto* e hijo menor del primer Primer ministro británico -sir Robert; que lo fue entre 1721 y 1742-) introdujo, a mitad del siglo XVIII y al referirse a un

cuento de «Los tres principios de Serendip» (antiguo nombre de Ceilán o Sri Lanka), el concepto de *serendipia* por el que entendía los descubrimientos hechos «por accidente y sagacidad», de cosas que no se habían planteado». Un siglo más tarde un audaz estudiante de química inglés de 18 años de edad, William Perkin, se afanaba en el laboratorio de su casa por preparar artificialmente quinina (único fármaco efectivo contra la malaria y cuya fórmula estructural no fue determinada hasta 1908, mientras que su síntesis fue un auténtico desafío químico hasta 1944) obtuvo la púrpura de anilina, posteriormente bautizada 'malva' por gentes francesas. Patentó el primer colorante artificial, obtenido por él a partir de un derivado del alquitrán de hulla, y construyó una fábrica que inauguraba la industria de los colorantes sintéticos y de los compuestos aromáticos. (Por aquellos años, Paul Marcoy, un farmacéutico francés interesado por el árbol de la quinina, recorría los Andes y publicaba su *Viaje por los valles de la quina*, traducido por Marías al español, bajo prólogo de Ortega.) En 1874, con 36 años de edad y saturado de éxito y prestigio Perkin vendió su fábrica y se dedicó al estudio de nuevas síntesis. Valga decir que el empleo de estos colorantes en las técnicas de tinción permitió descubrir el bacilo de la tuberculosis y del cólera.

Nadie debería ignorar el anhelo que la Humanidad ha sentido durante siglos por alcanzar la mayoría de edad, ni el lento, discontinuo, tenaz y penoso esfuerzo por encontrar una lengua mental común a todos los pueblos. Este proceso de simbolización no lo supo encabezar la poesía; la matemática resultó, en cambio, más eficaz y configuró un lenguaje universal y una ciencia *prosaica*. En el Siglo de las Luces, Vico sostuvo que la sublime misión de los poetas en la *infancia del mundo* fue dar pasión y sensibilidad a lo insensible. Más de cien años después, Nietzsche declaraba que si se pretendía establecer *firamente* nuestra relación humana con las cosas, convenía que las ciencias practicaran «hasta donde fuera posible» la *finura* y el *rigor* propios de la matemática.

Considerado fundador de la teoría de probabilidades, Pascal ensalzaba la condición de hombre universal, esto es, la de ser «capaz de acomodarse a todas las necesidades». A los diecinueve años de edad construyó la «machina arithmetic», una de las primeras calculadoras mecánicas y que permitía sumar y restar; Pascal murió en 1662, veinte años después. En sus apólogicos *Pensées* mencionó como grave desventura de los seres humanos el «no saber permanecer en reposo en una

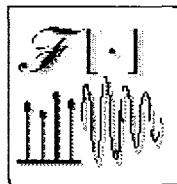
habitación» y declara que pasó mucho tiempo «dedicado al estudio de las ciencias abstractas, pero lo poco que puede comunicarse con ellas terminó hastiándome. Cuando comencé el estudio del hombre vi que estas ciencias abstractas no son las adecuadas para él y que me alejaba más de mi condición adentrándome en ellas que los demás ignorándolas. Perdoné a los otros el saber poco de eso. Pero al menos creí haber encontrado muchos compañeros en el estudio del hombre, y que éste es el verdadero estudio que le es propio. Me equivocaba: son menos aún los que estudian al hombre que los que estudian geometría».

Cuando Pascal murió, Leibniz tenía unos dieciséis años de edad; vivió setenta, y el próximo 1 de julio podremos conmemorar el 350 aniversario de su nacimiento. En su juventud diseñó también una calculadora que presentó en la Royal Society de Londres (las numerosas, pero pocas, calculadoras que produjo las tuvo que construir él mismo). En sus lamentablemente póstumos «Nuevos ensayos sobre el entendimiento humano» (publicados cuarenta años después de su muerte, y escritos diez años antes de ella y poco antes de la de Locke) Leibniz ataca a un nuevo tipo de extravagancia, *descnocido en los siglos pasados*: «hablar contra las razones hablar contra la verdad, pues la razón consiste en un encadenamiento de verdades. Es hablar contra uno mismo, y contra el bien propio, puesto que el punto fundamental de la razón está en conocerlo y seguirlo».

Hacia este admirador del arte de hacer observaciones y de estimar verosimilitudes podemos girar los ojos para descubrir, con *atención y reserva*, algunas provechosas conexiones entre las ideas que manejamos cada día. Así, nos dice que «el arte de acordarse a tiempo de lo que se sabe sería uno de los más importantes, si estuviese inventado», que el mal uso de las palabras provoca buena parte del desorden de nuestros conocimientos, y fustiga la *obrepcción*, el vicio de dar por válido algo que no resulta evidente.

Para este gigante de la ciencia y del pensamiento «resulta asombroso que, quedando tantas cosas por hacer, los hombres se distraigan casi siempre con lo que ya está hecho, o con puras inutilidades, o cuando menos con lo que menos importa; y apenas si veo remedio a esto, hasta que la gente no vaya preocupándose más de estas cosas en tiempos más tranquilos.»

Publicado en la revista de pensamiento «Cuenta y Razón».



WAVELETS: UN MÉTODO DE COMPRESIÓN DE IMÁGENES

Ignacio Bañó

La creciente aparición de aplicaciones que utilizan imágenes digitales (multimedia, TV digital, etc) y el gran volumen de datos que dichas imágenes requieren hacer que los algoritmos de compresión sean imprescindibles. Como ejemplo, en el estandar para televisión digital CCIR-601 (también conocido como 4:4:2) el flujo de bits -flujo bruto consistente en la transmisión de 25 imágenes por segundo de 720x576 pixels más las señales de servicio necesarias para que el sistema funcione correctamente (señales de sincronización, etc)- obtenido a la salida de la cámara es de 216 Mbit/seg cuando las redes digitales clásicas «sólo» permiten una velocidad de transmisión de 140 Mbit/seg (ATM).

El objetivo principal de la compresión de datos es reducir el número de bits a transmitir o almacenar manteniendo una calidad de imagen aceptable. Esto se consigue eliminando la informa-

ción redundante existente en las imágenes (redundancia espacial debida a la alta correlación entre los valores de píxeles próximos y redundancia temporal debida al gran parecido de

dos imágenes consecutivas en una secuencia de video).

Un método muy utilizado para reducir la redundancia espacial consiste en transformar el código mediante una transformación lineal reversible (al estilo de la transformada de Fourier) para obtener unos coeficientes

c_i que si están decorrelados y que se podrán codificar de manera más eficiente.

En recepción se aplicará la transformación inversa para, a partir de los coeficientes, obtener la imagen de partida.

Una transformación lineal no es más que la proyección de

los datos en una nueva base de funciones $\{\Psi_i\}_{i \in \mathbb{Z}}$. En el bien conocido caso de la transformada de Fourier (TF), esta base son senos y cosenos a diferentes frecuencias $\{e^{j\omega}\}_{\omega \in \mathfrak{R}}$. El problema que se presenta es: como escoger esta nueva base?

$$f(x) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} c_i \Psi_i(x)$$

Debido a las características de la señal de imagen y a los mecanismos del sistema visual humano (SVH), esta transformada tiene que comportarse bien con las señales no estacionarias (señales cuyas características estadísticas varian en función de la posición). No es el caso de la TF ya que si una señal tiene una discontinuidad en un punto, los coeficientes se extienden en todo el eje de frecuencias. Este efecto, nada deseado, es debido a que las funciones de la base no están localizadas en el espacio. Para solucionar este problema se introduce la transformación mediante wavelets (WT).

En este caso, las funciones base (llamadas .wavelets) sobre

IGNACIO BAÑÓ está realizando el Proyecto Final de Carrera y un máster en 'tratamiento de imágenes y sistemas de TV' mediante el programa Erasmus en Telecom-Paris. Lo realiza en los laboratorios de electrónica de Philips, sobre nuevos métodos de compresión de imágenes dentro del marco de la norma MPEG-4.

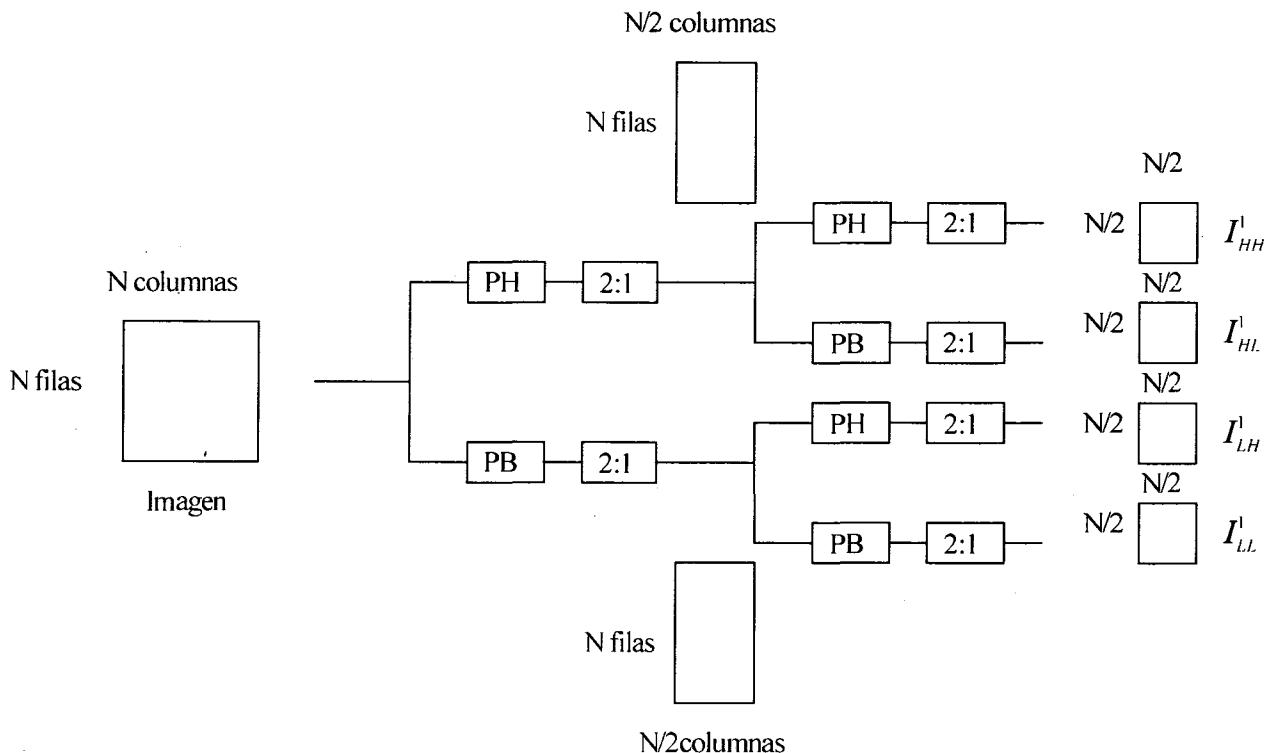


Figura 1: Primera descomposición de la imagen. Obtenemos una imagen a resolución inferior ($N/2, N/2$) y tres imágenes con la información complementaria.

las que vamos a proyectar la señal son funciones que están bien localizadas en el espacio, es decir, o bien tienden a cero para $|x|, |y|$ tendiendo a infinito o bien valen cero fuera de un cierto intervalo. Esto no ocurre en la TF donde las

$e^{j(\omega_x x + \omega_y y)}$ se extienden en todo

\Re^2 . Esta característica nos va a permitir tratar mejor las señales no estacionarias y en particular las imágenes.

Para imágenes discretas, se puede comprobar que la WT equivale a aplicar un filtrado paso alto y otro paso bajo (determinados por la base de funciones) seguido de un diezmado. En el caso más simple de utilizar filtros separables (caso dyadic), los filtros se aplican primero a las filas y luego a las columnas dando el esquema de la figura 1.

A partir de una imagen obtenemos 4 subimágenes. En este proceso no hemos aumentado el número de coeficientes (no introducimos redundancia) gracias a

las etapas de diezmado. La subimagen obtenida a partir de los filtros paso bajo contiene la información de las bajas frecuen-

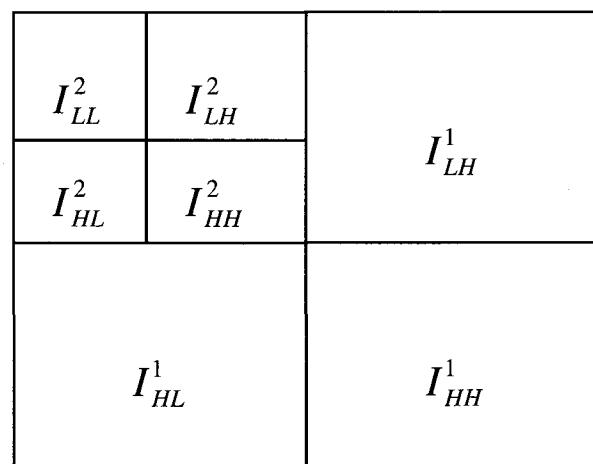


Figura 2: Decomposición de una imagen hasta un profundidad de 2.

cias que es la mas relevante para el SVH. Esta subImagen no es más que la imagen original a una resolución inferior y se podría volver a descomponer mediante el mismo proceso llevando la descomposición al nivel deseado. Las otras tres subImágenes son directamente parte de los coeficientes de la WT y contienen la información de las altas frecuencias en las direcciones vertical, horizontal y diagonal.

En un sistema de compresión utilizando la WT, se van a transmitir los coeficientes de la imagen resolución m (I_{LL}^m) y todos los coeficientes de $I_{HH}^i, I_{HL}^i, I_{LH}^i$ para $1 \leq i \leq m$.

La WT nos permite realizar un análisis multiresolución de la imagen. Este análisis consiste en descomponer una señal en diferentes bloques de información de manera que el primero contiene la información de bajas frecuencias (siendo la misma señal a una resolución inferior) y los otros se pueden ir añadiendo al primero para obtener la misma señal a resoluciones superiores hasta llegar a la señal original. Esta característica puede ser interesante en diversas aplicaciones. Por ejemplo, en aplicaciones de reconocimiento de formas, el sistema de visión intenta clasificar un objeto a partir de una imagen a baja resolución. Si la clasificación no se puede realizar, se añaden detalles para obtener una imagen a resolución superior. De esta forma, la clasificación se llevará a cabo con la mínima información ne-

cesaria, es decir, con el mínimo gasto computacional.

"...como la información más importante reside en los coeficientes de bajas frecuencias, estos se pueden codificar sin perdidas."

SVH. Se ha demostrado que el SVH es menos sensible a las frecuencias diagonales que a las horizontales o verticales. Esto hace que los coeficientes I_{HH}^i sean en principio menos importantes que los respectivos I_{HL}^i, I_{LH}^i y se podrán codificar con menos bits introduciendo una degradación poco visible. Por otro lado, como la información más importante reside en los coeficientes de bajas frecuencias, estos se pueden codificar sin perdidas.

Así pues, esta técnica extrae las redundancias tanto espaciales como psicovisuales permitiendo una reducción en el número de bits necesarios. Un ejemplo de repartición de bits llegando a una profundidad de 2 sería:

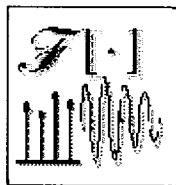
8 b p p	2 b p p	0 . 5 b p p
2 b p p	0 . 5 b p p	
0 . 5 b p p	0 b p p	

Figura 3: Repartición de bits en un sistema con profundidad 2.

En este caso, suponiendo una imagen de tamaño 512x512, pasamos de tener 256 Kbytes a tener 33 Kbytes, es decir, una relación de compresión aproximada de 8 con una perdida de calidad muy baja.

En recepción podremos obtener la imagen original a partir de las subimágenes mediante la transformación inversa. Esta etapa se realiza también mediante un filtrado y diezmado aunque esta vez se aplica sobre las subimágenes para obtener la imagen original. El problema que tiene los filtros separables es que, al no ser isotrópicos, no se adaptan tan bien a las características isotrópicas de una imagen. Es por esto que al utilizar filtros no separables podemos obtener relaciones de compresión-calidad mejores.

Por otro lado, esta técnica se está intentando aplicar en los sistemas de codificación de segunda generación o sistemas de codificación basados en regiones. En estos sistemas, se realiza una segmentación de la imagen de detección en la imagen de zonas con unas características comunes (típicamente la luminancia), generalmente coinciden con los diferentes objetos contenidos en la imagen y nos permite obtener los contornos para codificar luego los contornos y las texturas de forma separada. Se puede intentar aplicar la WT a cada región para codificar las texturas esperando que la uniformidad de dichas regiones nos permita obtener unos coeficientes más decorrelados. De todos modos, hasta el momento no se han obtenido resultados satisfactorios.



NUEVO CAPITULO DE L.E.O.S. EN ESPAÑA

Álvaro León Sierra

Como sabéis el IEEE abarca muchos y variados temas de carácter científico y tecnológico. Para poder tratarlos con una mayor eficacia, al igual que cualquier gran asociación o empresa, el IEEE se compone de las llamadas Sociedades que funcionan de forma casi autónoma editando sus propias publicaciones y gestionando sus propias actividades. Todo ello a nivel mundial en muchas ocasiones. Nuevamente para facilitar el control y el fomento de actividades en los diferentes países, estas Sociedades crean y financian los denominados Capítulos. Para la creación de un Capítulo es necesario, en primer lugar, que un miembro de hecho (no estudiante) del IEEE, que profesionalmente tenga relación con la especialidad que trata la Sociedad, muestre interés y solicite la creación de dicho Capítulo. Seguidamente es necesario el apoyo de otros tantos miembros del IEEE. Pues bien, todos los trámites que he resumido escuetamente, se produjeron el pasado año 1995 en la E.T.S.I. de Telecomunicación de Valencia de la mano del Dr. D. José Capmany. Al margen del interés profesional que, para muchos miembros pertenecientes a L.E.O.S., la aparición de este Capítulo pueda tener, es evidente el potencial educativo y de aprendizaje que tiene para nosotros, los estudiantes (tanto para los miembros como para los no miembros del IEEE).

Al igual que se dice que los niños vienen al mundo con un pan bajo el brazo, podría decirse que este Capítulo ha venido con un montón de ganas e ilusiones por hacer cosas. Evidentemente cuantos más seamos los que aportemos y pongamos en práctica ideas, mejor. Por eso a todos los que os interese el asunto, no dudéis en hacernos saber vuestras opiniones y ocurrencias. Podéis encontrar información sobre el capítulo en Internet en <http://www.etsit.upv.es/ieee/LEOS>. Allí encontrareis la forma de enviar vuestras sugerencias.

Una vez presentado el Capítulo, y como ejemplo de la gran cantidad de aplicaciones que abarcan los dispositivos electroópticos, he redactado un artículo sobre una de estas aplicaciones, que aunque no parezca en principio que tenga nada que ver con nuestro mundo de las telecomunicaciones, al menos resulta bastante interesante y curioso ver cómo las fibras ópticas sirven para más cosas que para transportar miles de canales telefónicos.

INMUNOSENSORES ÓPTICOS

El sistema inmunológico humano es enormemente complejo, tanto es así que las interacciones antígeno-anticuerpo no están completamente definidas hoy en día. Antes de continuar voy a definir que son los anticuerpos y sus «amigos» los antígenos. Los anticuerpos son

unas moléculas proteínicas con una peculiar forma en Y que están compuestas por igual número de cadenas poli-peptídicas ligeras y pesadas de aminoácidos unidas entre sí por puentes disulfuro. La mayor parte de los anticuerpos son de un tipo conocido con el nombre de Inmuno-gamma-Globulina (IgG), con un peso molecular aproximado de 160.000 daltons.

Los avances biotecnológicos en clonación y cultivo de células híbridas han permitido la producción de anticuerpos monoclonales y policlonales específicos para un determinado

Muchos experimentos utilizan propiedades ópticas, determinados ensayos se basan en propiedades de guiado de luz en las fibras ópticas.

antígeno o un grupo reducido de compuestos químicos. Algunos de estos anticuerpos pueden ser «fabricados» en grandes cantidades a un coste relativamente bajo por

métodos de exposición de células cultivadas o microbios a determinados antígenos. También es actualmente posible, utilizando las tecnologías de la mutación genética, producir nuevos anticuerpos sintéticos específicos para un determinado antígeno. Ante todo lo expuesto se comprende fácilmente el hecho de que puedan existir una gran cantidad de diferentes inmuno-sensores que sólo detecten unos antígenos determinados.

La siguiente pregunta que puede aparecerse: ¿Y qué es un inmuno-sensor?. Para poder dar una posible visión de lo que es un inmuno-sensor es necesario definir en primer lugar qué

ÁLVARO SIERRA LEÓN es estudiante de 5º curso de ing. de telecomunicaciones en la U.P.V.. Es vocal y miembro colaborador de IEEE-U.P.V. en referencia al capítulo de L.E.O.S. en España.



RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE

se entiende por biosensor. Un biosensor se puede describir como un dispositivo de medida que habitualmente consta de tres partes: Una molécula o un conjunto de moléculas bioactivas, que sean capaces de reconocer y reaccionar específicamente con la substancia que se pretende analizar; un transductor físico-químico, que se encuentre íntimamente conectado a la molécula bioactiva y que es capaz de generar una señal susceptible de ser amplificada cuando se produce la interacción específica con la substancia a analizar; y, finalmente, un dispositivo electrónico u optoelectrónico que amplifica y trata la señal. Pues bien, un inmuno sensor se puede describir como un tipo de biosensor orientado a medir las interacciones del sistema inmunológico humano.

Existen muchas aplicaciones prácticas para los inmunoensensores, siempre y cuando estos puedan llegar a realizarse. Los inmunoensensores pueden ser muy útiles para cuantificar el buen o mal funcionamiento de nuestro sistema inmunológico siendo de esta forma una valiosa herramienta de diagnóstico a nivel clínico. También existen importantes aplicaciones en la detección de contaminantes ambientales. A pesar de que a partir de los años 70 hasta nuestros días se han desarrollado gran cantidad de experimentos entorno a los inmunoensensores, se puede decir que la comercialización de este tipo de biosensores está empezando a dar sus primeros pasos en nuestros días.

Muchos de estos experimentos se realizan utilizando propiedades ópticas que en determinados tipos de ensayos se basan en las propiedades de guiado de la luz en las fibras ópticas. Por ejemplo la absorción de la rhodamina IgG, marcada mediante alguna sustancia fluorescente, pue-

de ser detectada en el extremo de un sensor remoto de una fibra óptica, debido al acoplamiento de la fluorescencia dentro de dicha fibra gracias a la onda evanescente. Como se ha dicho se han desarrollado multitud de ensayos científicos basados en este tipo de técnicas; podría extenderme mucho en su descripción pero he seleccionado uno que de forma general es más sencillo de comprender y guarda una mayor relación con la utilización de las fibras ópticas. En 1984 R.M. Sutherland realizó una

(anticuerpo marcado) se produce con las interacciones no específicas de los anticuerpos marcados sobre la superficie de la fibra. Sin embargo eludir este problema es relativamente sencillo haciendo un ensayo sin antígenos y observando la forma de onda obtenida en el sensor (**Fig. 1 d-e-f**) para posteriormente tener en cuenta su efecto en la onda generada en el experimento anterior. Uno de los principales problemas que encuentran este tipo de biosensores es que, en principio, no son reutilizables

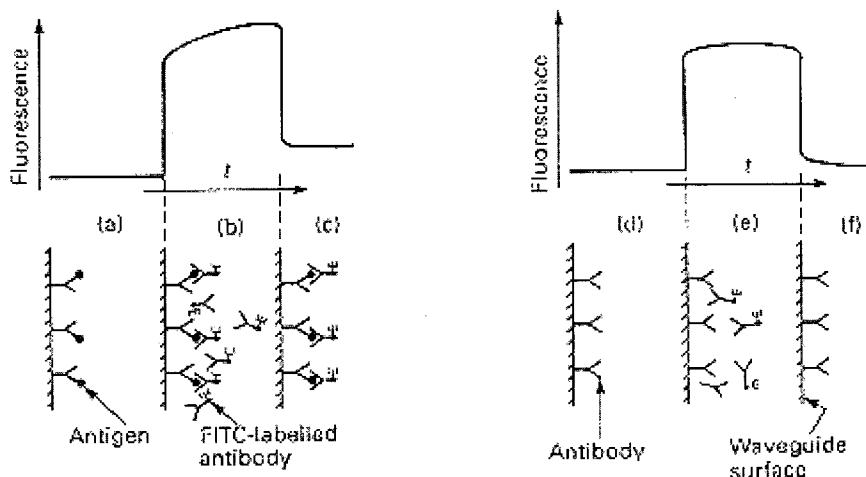


Fig.1 Comparación de la señal debida a las interacciones específicas y no específicas de los anticuerpos "marcados" del ensayo (a) - (c), y señal debida exclusivamente a las interacciones no específicas (d) - (e).

investigación entorno a un par de inmuno-ensayos que se basaban en la fijación de anti-IgG sobre varillas de cuarzo o en el núcleo de una fibra óptica (**Fig. 1a**). Para fijar los anticuerpos a la fibra se utilizaba glutaraldehido como agente de unión. Estos anticuerpos inmovilizados eran expuestos en primer lugar solo a antígenos y posteriormente a anticuerpos del mismo tipo que los fijados pero marcados por alguna sustancia fluorescente (**Fig. 1b**). El efecto que produce la unión de los anticuerpos, marcados con dicha sustancia fluorescente, en el campo de la onda evanescente es proporcional a la concentración de la muestra de antígenos. El principal problema que se presenta en esta relación de equilibrio (anticuerpo fijo)-(antígeno)-

puesto que las reacciones entre antígenos-anticuerpos son casi irreversibles. Hoy en día este es uno de los campos en los que se está investigando para poder desarrollar una aplicación clínica reutilizable de este tipo de tecnología dado el gran valor de sus posibilidades.

BIBLIOGRAFÍA

**Bioelectrónica (señales bioeléctricas)*. JOSÉ M. FERRERO CORRAL. Ed. Universidad Politécnica de Valencia

**Biosensors (Theory & Applications)*. DONALD G. BUERK. Ed. Technomic

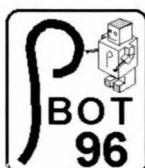
**Optical Fiber Sensor Technology*. K.T.V. GRATAN AND B.T. MEGGITT. Ed. Chapman & Hall

**Biosensors*. ELIZABETH A.H. Ed. Chapman & Hall.



CONCURSOS DE ROBOTS'96

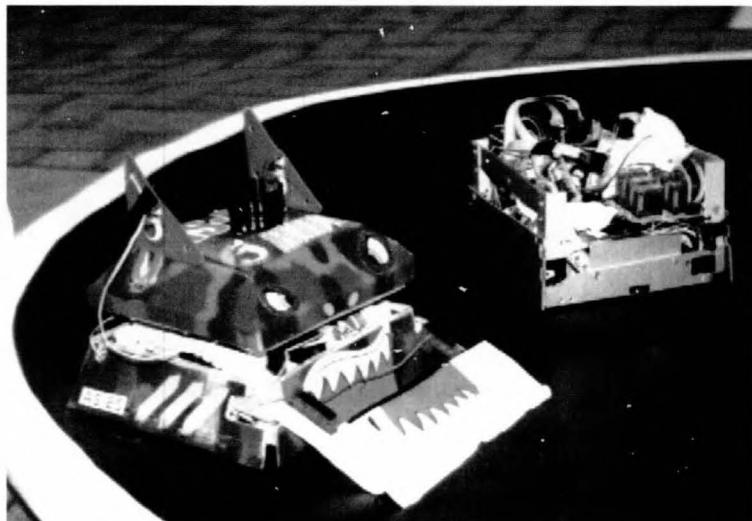
Antoni Ferraté



Si el concurs de robots de 1995 va representar una aventura agosarada, el d'aquest any crec que ha esdevingut una realitat consolidada.

Per què una realitat? perquè hem assolit allò que ens proposàvem: Que durant tot un dia al Campus Nord de la UPC els robots fóssin els màxims protagonistes, i durant tot un any un grup de 54 estudiants de la UPC han estat rumiant una estratègia infalible i constraint els 20 robots que s'han presentat a concurs. Això sense contabilitzar a tots aquells que també hi han estat treballant fort, però per diverses raons finalment no han pogut presentar a concurs el seu engendre robòtic.

Per què consolidada? Doncs perquè per segon any consecutiu hem aconseguit mantenir un gran interès entre tots els estudiants i entre la premsa, però sobretot per la incorporació en l'organització del circumspecte Ignasi Amargós, pel magnífic potencial humà de nous estudiants que ell ha estat capaç d'iniciar i integrar



Si el concurso de robots luchadores de sumo de 1995 representó una aventura arriesgada, los del día 27 de Marzo se han convertido en una realidad consolidada.

¿Por qué una realidad? Porque hemos conseguido aquello que nos proponíamos: que durante todo un día en el Campus Nord de la UPC los robots fueran los máximos protagonistas, i durante todo un año un grupo de 54 estudiantes de la UPC han estado pensando una estrategia infalible y construyendo los 20 robots que se han presentado a concurso.

Esto sin contabilizar a todos aquellos que también han estado trabajando duro, pero por diferentes razones finalmente no han podido presentar a concurso sus engendros robóticos.

¿Por qué una realidad? Porque hemos alcanzado los objetivos que nos habíamos propuesto: que durante todo un día en el Campus Nord de la UPC los robots fueran los máximos protagonistas, y durante todo un año un grupo de 54 estudiantes de la UPC han estado pensando una estrategia infalible y construyendo los 20 robots que se han presentado a concurso.

Esto sin contabilizar a todos aquellos que también han estado trabajando duro, pero por distintas razones finalmente no han podido presentar a concurso su engendro robótico.

¿Por qué consolidada? porque por segundo año consecutivo hemos logrado mantener un gran interés entre todos los

ANTONI FERRATÉ CASAS es proyectista en la ETSETB y responsable del Grupo de Robótica de AESE'Studiants.
toni@st.upc.es
<http://st.upc.es/toni/>





al Grup de Robòtica d'AESS, que no només garanteix la supervivència del concursos i activitats del Grup de Robòtica durant molts anys més, sinó que ha estat la veritable causa del salt qualitatiu que aquest any sense dubte s'ha produït a nivell organitzatiu.

Si analitzem el Concurs de Robots Lluitadors de Sumo, i el nivell dels seus robots, crec que han arribat a un nivell tecnològic molt alt. Altíssim. Els 16 robots d'aquest any haurien estat uns digníssims guanyadors, i es notava que en cada un d'ells hi havia invertides una quantitat d'hores considerable, que si fos possible traduir-les en crèdits d'assignatures potser desmassificariem definitivament les aules.

Aquest any havíem incorporat el reglament oficial del All Japan Robot Sumo Tournament Office, i crec que ha estat un encert, perquè si bé va representar que les noves especificacions dels robots impedissin als robots de l'any passat participar en el concurs d'aquest any, el fet d'inserir el reglament oficial garanteix una invariabilitat en el reglament en les successives edicions del concurs a partir d'ara, que possibilita als robots construits aquest any presentar-los en edicions successives amb les pertinents millors tècniques. D'altra banda també pot representar en futures edicions la participació en el nostre concurs de robots de fora del país, i qui sap si la participació dels robots en una futura lliga interuniversitària nacional o internacional.

En el concurs de robots netejadors de superfícies Robinet'96 que presentàvem aquest any per primera vegada no hem tingut tants robots com hauríem desitjat, potser perquè no era suficientment conegut, però en

estudiantes i entre la prensa, pero sobre todo por la incorporación en la organización del circunspecto Ignasi Amargós, por el magnífico potencial humano de nuevos estudiantes que él ha sido capaz de incorporar e integrar al Grupo de Robótica de AESS, que no solo garantiza la supervivencia de los concursos y actividades del Grupo de Robótica durante muchos años más, sino que ha sido la causa del salto cualitativo que sin duda se ha producido este año a nivel organizativo.

Si analizamos el Concurso de robots Luchadores de Sumo, y el nivel de sus robots, creo que han llegado a un nivel tecnológico muy alto. Altísimo. Los 16 robots de este año habrían sido unos dignos ganadores, y se notaba que en cada uno de ellos se había invertido una cantidad de horas considerable, que si fuera posible traducirlas en créditos de asignaturas quizás descalificaríamos definitivamente las aulas.



Este año habíamos incorporado el reglamento oficial del All Japan Robot Sumo Tournament Office, y creo que ha sido todo un acierto, porque si bien representó que las nuevas especificaciones de los robots impedían a los robots del año pasado participar en el concurso de este año, el hecho de incorporar el reglamento oficial garantiza una invariabilidad en el reglamento en las sucesivas ediciones del concurso a partir de ahora, que possibilita a los robots construidos este año presentarlos en ediciones sucesivas con las pertinentes mejoras técnicas. Por otra parte, también puede representar en futuras ediciones, la participación en nuestro concurso de gente de fuera del país, y quien sabe si la participación de los robots en una futura liga interuniversitaria nacional o internacional.

En el concurso de robots limpiadores de superficies Robinet'96 que presentábamos este año por primera vez no hemos tenido tantos robots como hubiéramos querido, pero

canvi els dos robots que finalment van concursar han demostrat que la competició pot donar molt més de sí en successives edicions a mesura que el concurs es popularitzi entre els estudiants.

Vull aprofitar per agaraïr un cop més a tots els col.laboradors i gent d'AESS la seva dedicació: jutjes, equip de vídeo, vigilants, hostesses. Així com als nostres patrocinadors: Alpine, Intercom, el Circuit de Catalunya, el RACC, La CUP i Centre CIM que hagin confiat en el nostre projecte, així com a Transcurs, a l'ETSETB i a la UPC en general.

Us emplaço al concurs de robots sortidors de laberintos, Minotaure'96, dels dies 8 i 9 de maig organitzat pel departament d' ESAII-UPC, que juntament amb la següent sèrie d'actes relacionats amb la robòtica configuren el Mes de la Robòtica a la UPC:

Dimecres 10 d'abril, a l'Aula Master, a les 11 hores, conferència «Robòtica mèdica», per Alicia Casals.

Dimecres 10 d'abril, a l'Aula màster, a les 17 hores, conferència «El Centre Cim: un centre tecnològic de fabricació flexible a l'abast dels estudiants de la UPC», per Jordi Ojeda.

Dijous 11 d'abril, a les 16:30 hores, visita guiada al Centre CIM.

Dimecres 17 d'abril, a l'Aula Màster, a les 11 hores, conferència «Robòtica submarina», per Josep Amat.

Dimecres 17 d'abril, a l'Aula Màster, a les 17 hores, video projecció «Robòtica Espacial» cedit per l'IEEC, el dia 17 d'abril.

Dimecres 24 d'abril, a l'Aula de Teleensenyament, a les 11 hores, Video-Fòrum «Robòtica i Ciència Ficció», per Miquel Barceló.

Dimecres 24 d'abril, a l'Aula de Teleensenyament, a les 17 hores, conferència «Robòtica industrial», per Josep Lluís Bonnin, d'ABB.

A tots us esperem en la propera edició del concurs de robots lluitadors de sumo, al concurs de robots netejadors de superfícies ROBINET'97, i si ens feu arribar les vostres idees i podem comptar amb el vostre suport, potser hi haurà un tercer concurs de nova creació.

quizás porque no era suficientemente conocido, pero en cambio los dos robots que finalmente concursaron, han demostrado que la competición puede dar mucho más de sí en sucesivas ediciones, a medida que este concurso se popularice entre los estudiantes.

Quiero aprovechar para agradecer una vez más a todos los colaboradores y gente de AESS su dedicación: jueces, vigilantes, azafatas. Así como nuestros patrocinadores: Alpine, Intercom, el Circuit de Catalunya, el RACC, la CUP i el Centro CIM que hayan confiado en nuestro proyecto, así como a Transcurs, a la ETSETB y a toda la UPC en general.

Os remito al concurso de robots que salen de un laberinto, Minotaure'96, los días 8 y 9 de Mayo organizado por el departamento de ESAII-UPC, que juntamente con la siguiente serie de actos relacionados con la robótica configuran el Mes de la Robótica a la UPC:

Miercoles 10 de abril, en el Aula Master, a las 11, conferencia «Robótica médica», por Alicia Casals.

Miercoles 10 de abril, en el Aula Master, a las 17, conferencia «El Centro CIM: un centro tecnológico de fabricación flexible al alcance de los estudiantes de la UPC», por Jordi Ojeda.

Jueves 11 de abril, a las 16:30, visita guiada al Centro CIM.

Miércoles 17 de abril, en el Aula Master, a las 11, conferencia «Robótica submarina», por Josep Amat.

Miércoles 17 de abril, en el Aula Master, a las 17, video proyección «Robótica Espacial», cedido por el IEEC.

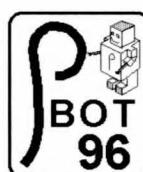
Miércoles 24 de abril, en el Aula de Teleensenyament, a las 11, Video-Fórum «Robótica y ciencia ficción», por Miquel Barceló.

Miércoles 24 de abril, en el Aula de Teleensenyament, a las 17, conferencia «Robótica industrial», por Josep Lluís Bonnin, de ABB.

Os esperamos a todos en la próxima edición del concurso de robots luchadores de sumo, en el de robots limpiadores de superficies ROBINET'97, y si nos haceis llegar vuestras ideas y podemos contar con vuestro apoyo, quizás habrá algún tercer concurso de nueva creación.

EL SUMO INVADE LA UPC

Ignasi Amargós Torruella



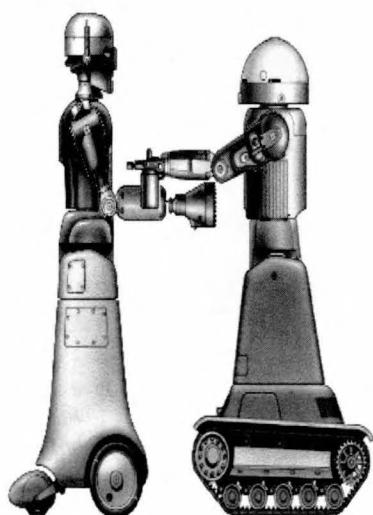
Eran las siete y media de la mañana, DELMON y PAQUI eran los primeros en llegar. No penséis mal, ya que estos dos nombres corresponden a dos de los dieciocho robots participantes en la gran fiesta de la robótica que se celebró el pasado 27 de Marzo en el Campus Nord de la Universitat Politècnica de Catalunya: el 2º Concurso de

Robots Luchadores de Sumo i el 1er Concurso de Robots Limpiadores de Superficies.

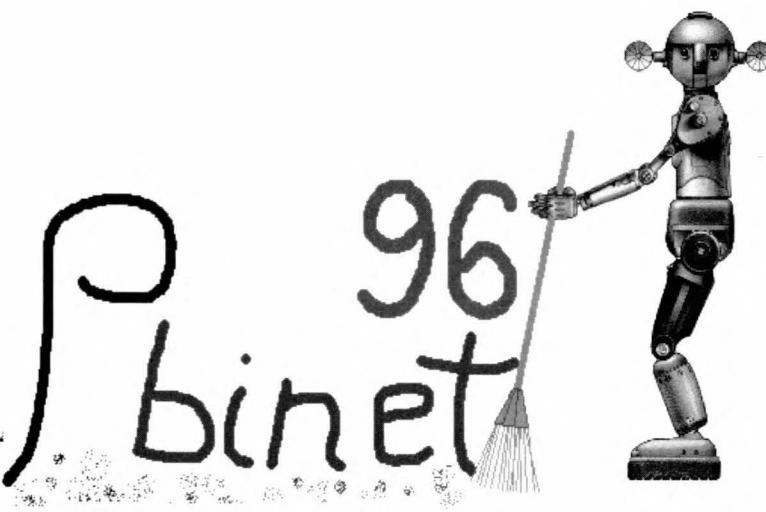
A medida que los equipos hacían acto de presencia invadían la Sala de Exposiciones. De forma espectacular los ordenadores, las fuentes de alimentación y otros aparatos habituales de cualquier laboratorio de electrónica se iban multiplicando. Finalmente de una caja o una bolsa salía un extraño ingenio con curiosas inscripciones, y todos los miembros del equipo empezaban a trabajar frenéticamente, como si se tratara de una operación a corazón abierto. Los cuadros y fotografías colgados de las paredes perdían por un día el protagonismo, y la sala de exposiciones, lugar tranquilo y dedicado habitualmente a la con-

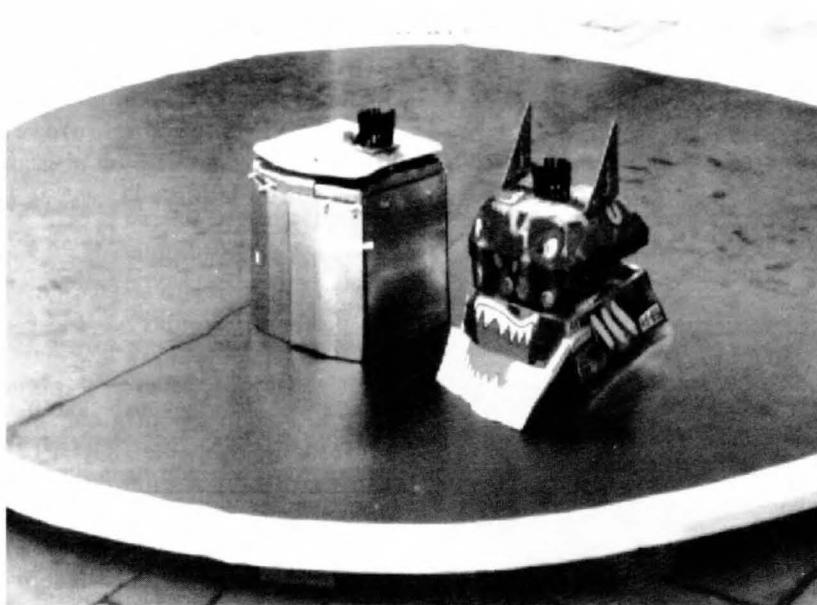
templación y la meditación, se convertía en la sala de 'boxes' donde la alta tecnología tenía un único objetivo: estar preparado para el combate.

A las diez de la mañana, con una hora de atraso a causa de los siempre molestos problemas técnicos, empezó el primer combate del Concurs de Sumo a la categoría de Robots Controlados por Ordenador (RCO). La gente se empezó a acercar a la tarima donde SON PAELLAKU y A-19 encarados uno frente al otro se miraban de forma amenazadora. El primero, un extraño cruce entre una paella y un coche teledirigido, era uno de los diseños más atrevidos del concurso. El segundo era una caja metálica donde solo se podían apreciar las ruedas



IGNASI AMARGÓS TORRUELLA es alumno de 4º curso de la ETSETB, miembro del Grupo de Robótica de AESE Estudiants y organizador del 'Mes de la Robótica en la UPC'.
aess@aeess.etsitb.upc.es





y los diferentes tipos de sensores (microrruptores, ultrasonidos y infrarrojos). El combate fue poco espectacular, ya que el funcionamiento de SON PAELLAKU no funcionaba correctamente. Paralelamente, en 'boxes' la actividad continuaba siendo frenética, los problemas de última hora se multiplicaban y nadie quería repetir la experiencia del anterior.

A continuación los Robots Autónomos (RA), la otra categoría de sumo, se estrenaban en esta edición con el combate entre la PAQUI, una versión mejorada del robot presentado el año pasado, y el CONCEPTUAL-RA1, que el año anterior presentó el CIBERNETIC DEVELOPMENTS en la misma categoría. Este combate era una repetición de la final del año anterior, entre los mismos equipos, pero con robots más evolucionados. Un plato fuerte de la jornada, donde la PAQUI se quitó el mal sabor de boca consi-

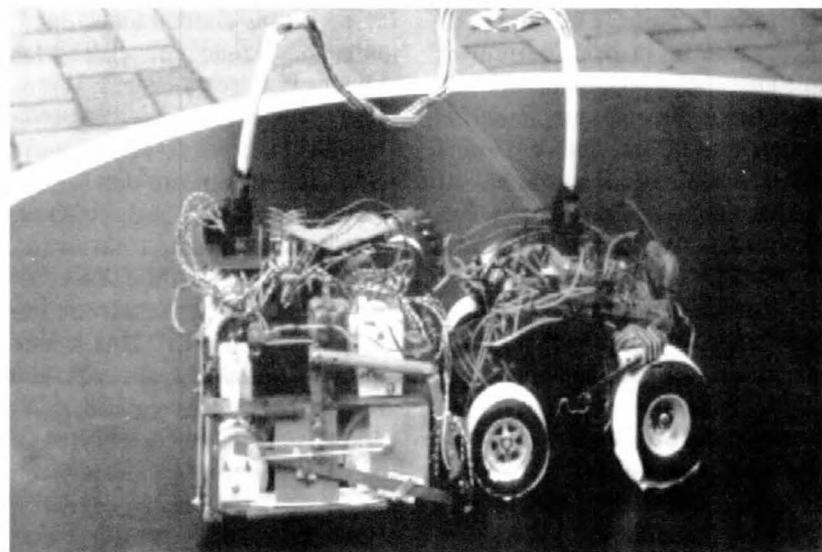
guiendo una victoria clara contra el ganador de la edición anterior.

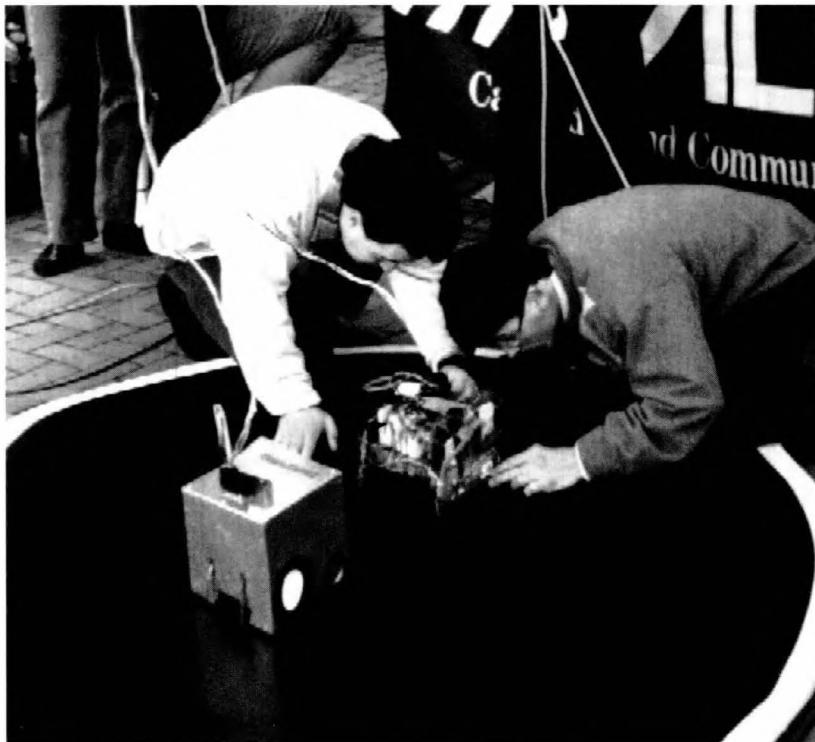
A partir de este momento ya no se podía parar. Los combates se iban sucediendo de forma más o menos ágil. Todos correspondían a la fase clasificatoria: una liguilla entre cuatro robots a una

vuelta, de los cuales se clasificaban los dos primeros equipos, que disputaban las semifinales.

Mientras, el 1er. Concurso de Robots Limpiadores de Superficies parecía herido de muerte. De los cuatro robots inscritos, solo tres vinieron el día del concurso. Solamente POLIT estaba preparado desde un principio. El NETEJADOR-CONCEPTUAL tenía graves problemas, y hay que decir que fue totalmente rediseñado durante el transcurso de la mañana. El robot ETSEIT no tuvo la misma suerte. Sus diseñadores, ganadores el año pasado en la categoría RCO de Sumo, que este año también presentaban a ASES BOT en la categoría de SUMO-RA, decidieron retirarse al no poder hacerlo funcionar.

A las doce de la mañana, POLIT hacía una primera exhibición a la prensa. Una hora más tarde se pudo disputar el primer





circuito del concurso, donde el NETEJADOR-CONCEPTUAL llegaba 'in extremis'. Este primer circuito lo ganó POLIT, al recoger 125 gr. de arroz por los 105 gr. de su contrincante.

Por la tarde, a las cinco, se disputaron los otros dos circuitos que componían el concurso. Cada circuito implicaba una dificultad mayor que el anterior, y de esta manera se ponían a prueba las cualidades del robot.

El ganador fue finalmente NETEJADOR-CONCEPTUAL que consiguió recoger más arroz gracias a su sistema de recogida (aspirador de coche), a pesar de que el algoritmo que gobernaba la trayectoria de POLIT era mucho mas elaborado.

Durante todo el día se fueron sucediendo los combates de sumo, hasta que llegamos a la tarde a las semifinales y finales. Cabe destacar que el nivel demostrado este año en el concurso fue muy alto y el nivel de preparación de los concursantes excelente, superando con creces las expectativas de la organización.

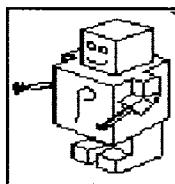
En la final de la categoría RCO se enfrentaron los robots RISC y CONCEPTUAL-RCO, y tras una apasionante final se llevó la victoria el último. En estos momentos ya se respiraba un ambiente 'CONCEPTUAL', este equipo que había empezado con muchos problemas ya había ganado dos de las tres categorías en liza. El 'summum' se alcanzó con la final de RA, en la que se repitió el enfrentamiento que abría este

concurso: PAQUI vs CONCEPTUAL-RA1. En este caso la diosa fortuna favoreció al equipo CONCEPTUAL que consiguió el triplete y se convirtió en el gran vencedor de la jornada.

Además de los premios al 1er y 2º clasificado se otorgaron los premios: 'Premio ABB al robot más tecnológico' que ganó RISC (SUMO-RCO) y el 'Premio CUP al Robot más original' que recibió el robot CURUPIPI (SUMO-RA), por estar controlado con una calculadora. Además se sortearon tres entradas para el Gran Premio de España de Fórmula 1 cedidas por el RACC y el Circuit de Catalunya que recayeron en el robot IN4MATIC (SUMO-RCO), y 5 abonos a INTERNET de por vida que ganaron los equipos SON PAELLAKU (SUMO-RCO), NETEJADOR-CONCEPTUAL (LIMPIADORES), DELMON (SUMO-RCO), DEEP-MIND (SUMO-RA) y e1000i-1 (SUMO-RCO) cedidos por INTERCOM.

Sería una gran injusticia no nombrar a todos los participantes, ya que ellos son los auténticos protagonistas. En RCO los participantes fueron: SON PAELLAKU, A-19, CONCEPTUAL-RCO1, R666, AKIRA, DELMON, IN4MATIC y RISC. En RA: PAQUI, CONCEPTUAL-RA1, CURUPIPI, e1000i-1, ASES BOT, HERACLES, ISEECOWS2 y DEEP MIND.

Esperamos que el año que viene siga creciendo el interés que ha despertado entre los estudiantes estos concursos, y que cada vez haya más participantes.



ROBOTS AUTÓNOMOS: ARQUITECTURAS Y CONTROL

José Manuel Molina López, Vicente Matellán Olivera

Entre los diferentes tipos de arquitecturas de control propuestas a lo largo de los últimos años existen dos perspectivas mayoritarias: aquellas que mantienen la posibilidad de alcanzar la consecución de objetivos complejos basándose únicamente en un conjunto de reacciones simples, denominarse instintos, módulos, agentes, agencias, controladores o comportamientos, y aquellas que necesitan tener un modelo interno del mundo sobre el que razonar. La segunda de estas arquitecturas obliga a una representación fehaciente del mundo. Únicamente, a partir de resultados intermedios de razonamiento sobre dicha representación será posible la resolución de problemas complejos.

En ambos casos es necesario de tener un conjunto de acciones básicas que permitan al robot interaccionar con el entorno en el que se encuentra inmerso. Los controladores desarrollados para dar respuesta a esta necesidad han sido desarrollados por personas provenientes del campo del control clásico o por aquellos cuya base se centra en el campo de la inteligencia artificial. Ambos enfoques difieren en la definición de las especificaciones de control, en un caso se busca la región espacial de control definida a través de

una fórmula matemática que liga las entradas con las salidas y en el otro las entradas se traducen en conceptos semánticos que forman parte de un sistema de reglas mediante las cuales se toma la decisión del tipo de movimiento a ejecutar. Aunque la perspectiva en principio parece diametralmente opuesta, estudiando detenidamente los distintos sistemas de razonamiento mediante reglas, en particular aquellos basados en lógica borrosa, se pueden extraer conclusiones muy similares a las obtenidas mediante los sistemas clásicos de control.

A la hora de integrar todas las acciones básicas para dar respuesta a problemas complejos el investigador debe decidir si en realidad deben o no existir niveles jerárquicos en la estructura de control. Para evaluar esta necesidad es necesario comprender las distintas clases de representación del mundo haciendo especial hincapié en la aplicación última del robot desarrollado. Cuando el entorno en que se desarrollan las pruebas está perfectamente definido (bien porque sea una simulación bien porque el entorno es constante y definido a priori) se puede obtener una alta precisión en la representación interna del mundo sobre la que trabajará el robot, pero si el entorno es real y no constante se debe proveer al robot de la capacidad de generar su propia representación a partir de los valores que obtiene de los sensores. Este problema no es fácilmente abordable debido a los problemas de ruido en la medida e indeterminación de las posiciones por las que va pasando el robot, en estos casos la representación del entorno es en muchos casos aproxi-

mada y el razonamiento sobre ella no produce los resultados que se obtienen en simulación.

Por último, deben analizarse los distintos modelos de razonamiento que se pueden aplicar, por un lado aquellas técnicas basadas en planificadores, que presentan una clara limitación en la realización secuencial de tareas, y por otro aquellas basadas en sistemas multiagente, que permiten explotar al máximo las particularidades distribuidas de muchos de las tareas encomendadas a grupos de robots.

1. Niveles de Control

La definición de los distintos niveles de control se basa en las características de las tareas que se desean realizar sobre la plataforma de la que se dispone. Una tarea puede, en términos coloquiales, definirse como sencilla o compleja, en función de la capacidad del robot para realizarla. Por ejemplo, al pedir a un robot ejecutar un giro de 90° sobre si mismo, si es cilíndrico con dos ruedas motrices la tarea resulta muy sencilla pero si consideramos un robot con patas ese mismo giro necesita de una composición de movimientos compleja que no es realizable mediante sencillos algoritmos de control.

Siguiendo este razonamiento se pueden distinguir dos niveles de control (Figura 1). El nivel más alto realiza el razonamiento a largo plazo, describiendo un plan para alcanzar la tarea compleja que se desea realizar a base de dividirla en sub-acciones más sencillas, y se encarga de que cada una de estas sub-acciones alcanza el sub-objetivo que se ha dispuesto, es

JOSÉ MANUEL MOLINA LÓPEZ y VICENTE MATELLÁN OLIVERA
Laboratorio de Agentes Inteligentes (LAI)
Departamento de Informática
Universidad Carlos III de Madrid
C/Butarque 15, 28911 Leganés
Tfno: 6249431 Fax: 6249430
E-mail: {molina, vmate}@ia.uc3m.es



decir, realiza la monitorización de la ejecución del plan. El nivel más bajo se encargará de la realización de las tareas más sencillas, resolviendo los problemas más inmediatos con los que se puede encontrar el robot y que no requieren de una planificación.

Las distintas arquitecturas de control desarrolladas difieren en el peso específico dado a cada uno de los niveles en los casos más extremos constan de un único nivel. El alto nivel para poder razonar necesita de una representación detallada del entorno en el que se va a mover. A partir de dicha representación utilizando árboles de

2. Funciones de Control

En cualquiera de las arquitecturas se debe llegar a la implementación de controladores eficientes para la realización de las tareas sencillas que en última instancia debe ejecutar el robot. Para la realización de estos controladores vamos a tener en cuenta dos perspectivas distintas:

- .Teoría clásica de Control
- .Sistemas basados en Reglas

La teoría clásica de control define la función de control en base al valor de una variable de estado que

Tareas Complejas

ALTONIVEL

⇒ Razonamiento a largo plazo

⇒ Seguimiento/Monitorización

Tareas Sencillas

BAJONIVEL

⇒ Razonamiento a corto plazo

⇒ Evaluación de los resultados

Figura 1.- Niveles de control

búsqueda, encuentra un plan para salvar los problemas que plantea el entorno. Esta representación es el mayor problema al que se enfrenta pues, si sólo se considera la existencia del alto nivel, es necesario recurrir a la replanificación cada vez que el entorno se ha modificado y difiere de la representación interna del robot.

Desde la otra perspectiva el robot es más robusto pues sólo necesita de un conjunto de acciones básicas, a veces denominadas instintos, que componen el bajo nivel y únicamente hay que decidir cuál de esas acciones es la que debe ejecutarse en la situación actual. El problema aparece al considerar problemas complejos, donde el espacio de búsqueda de la solución es tan amplio que resulta imposible, en la práctica, alcanzar la solución mediante la ejecución, sin un plan previo, de distintas acciones básicas.

define la situación actual del sistema y de su evolución temporal a través de los conceptos de la derivada y la integral. Por ejemplo, el comportamiento básico : «Seguir una Línea Recta», puede estudiarse a través de la variable de estado «Ángulo con la Dirección Deseada», Figura 2.

Este problema se resolvería mediante una función de control que combina de manera lineal la variable de estado y su derivada de la forma: $F = K_1 q + K_2 dq/dt$. Si se representa la superficie generada por dicha función se obtiene un plano. Mediante la variación del valor que tienen las constantes se pueden obtener distintos planos de control. Interesa un plano más pendiente en el caso de situaciones alejadas de la situación de equilibrio (régimen transitorio) y menos pendiente cuando nos encontramos cerca de la situación estable (régimen permanente), Figura 3.

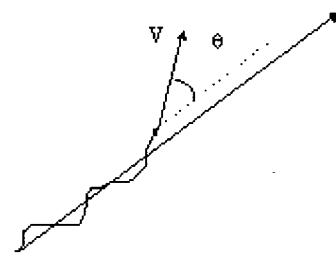


Figura 2.- Definición del problema:
Seguir una línea recta.

El problema de estos sistemas es la imposibilidad de obtener un único sistema que pueda responder automáticamente a las dos situaciones. La única solución es utilizar varios sistemas que se activen cuando se encuentra en un modo u otro.

Este problema puede ser resuelto utilizando sistemas basados en reglas que permitan subdividir el espacio de control en tantas partes como intervalos hayamos definido en los espacios de entrada, el formato de las reglas será de la forma:

SI <los valores de entrada se encuentran en este rango>
ENTONCES <los valores de salida se ponen a este

valor>

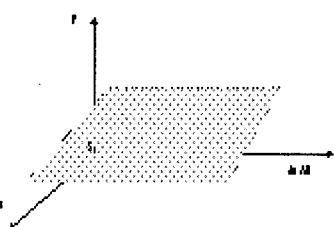


Figura 3.- Superficies de Control en un controlador clásico.

En este caso la superficie de control resulta fraccionada (Figura 4) en distintas partes, una para cada situación. Así se pueden realizar distintos controles en función de la situación, aunque aparece el problema de las discontinuidades, que provocan una ejecución brusca al ir saltando el controlador entre las distintas estados de salida definidos por las distintas configuraciones de las entradas.

El problema de las discontinuidades puede resolverse utilizando un sistema borroso para la ejecución del control. En este caso la pertenencia a los rangos de las situaciones de entrada no son VERDADEROS o FALSOS, sino que existe una gradación en los valores de verdad o de posibilidad de pertenencia (Figura 5), lo que provoca la ejecución en paralelo de un conjunto de reglas que producen una salida promedio en función, dados distintos grados de activación generados por las entradas, de todas las salidas posibles.

Los procesos involucrados en la ejecución de un sistema borroso son (Figura 6): la fuzzificación, la evaluación de las reglas y la defuzzificación. El primero de ellos consiste en la obtención de variables borrosas que definen las entradas a partir de los datos numéricos suministrados por los sensores. La segunda propaga el grado de verdad de las premisas a las salidas. La última permite obtener un valor numérico a partir de la variable borrosa que se obtuvo en el punto anterior.

Para cada uno de estos pasos existen distintas formas de

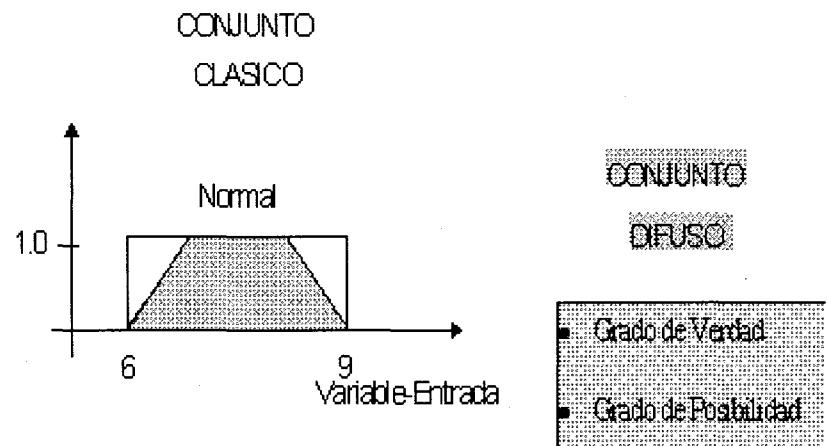


Figura 5.- Definición de un Concepto Borroso.

implementación. En cualquier caso, la superficie de control que resulta (Figura 7) está fraccionada en distintas partes, existiendo superficies continuas que evitan los saltos del controlador. La superficie de control presenta más o menos zonas suaves en función del número de particiones que realicemos en las variables de entrada y salida, y en función de los métodos de evaluación de reglas y de defuzzificación que se hayan elegido.

Mediante la modificación de las reglas se puede lograr el ajuste de las distintas situaciones, transitoria y permanente, con un único sistema, haciendo que el sistema funcione sin brusquedades.

3. Arquitecturas de Control

Una vez desarrolladas las funciones de control el problema aparece en cómo integrar todas esas funciones en un único robot. La arquitectura

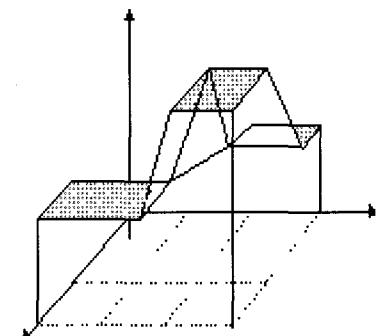


Figura 7.- Superficie de Control de un Sistema Borroso.

puramente reactiva no necesita de ningún otro nivel y la actuación final del robot se basa en la importancia para cada situación de la función que se puede ejecutar. Existe una relación dada entre las acciones básicas de modo que una acción puede bloquear a otra e impedir su ejecución. Por ejemplo (Figura 8), si consideramos un robot móvil que tiene dos acciones posibles:

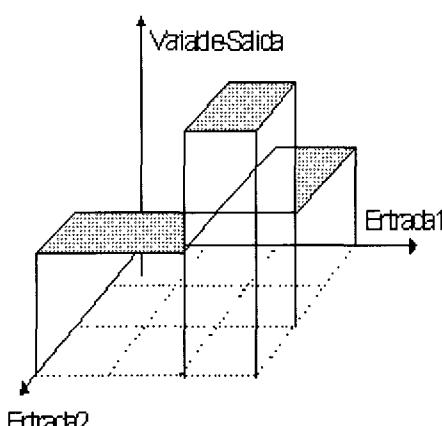


Figura 4.- Superficie de Control en un Controlador basado en Reglas.

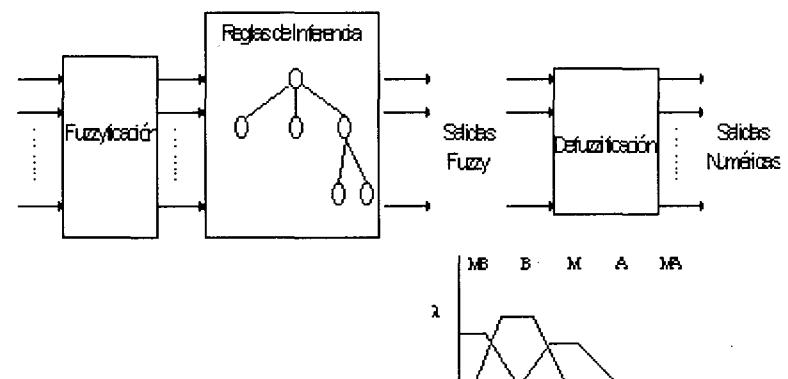


Figura 6.- Definición de un Sistema Borroso.



evitar obstáculos y seguir un objeto, cuando la situación del entorno es tal que la función de evitar tiene que ser ejecutada, ésta bloquea automáticamente la acción de seguir.

Para problemas sencillos esta arquitectura es válida pero no es así en situaciones donde la acción a desarrollar es muy compleja y necesita de una secuencia de acciones concreta que no se puede alcanzar mediante la ejecución de la acción básica que mejor se adapte a la situación presente. Para la realización de un alto nivel es necesario tener una representación del mundo y un modo de razonamiento sobre ese mundo.

La representación del mundo puede darse a priori o bien puede construirse a partir de la información sensorial, como por ejemplo mediante el algoritmo QUADTREE (Figura 9). Este método parte de la división del mundo en celdas y en la agregación de estas para tener una visión más global del espacio sobre el que se mueve el robot.

Cualquier método de obtención de la representación del mundo llevado a una ejecución en un medio real se encuentra con dos problemas: la incertidumbre de los sensores que están explorando dicho mundo y la imposibilidad de localizar al robot dentro del mundo con unas coordenadas precisas si no se cuenta con una referencia externa.

Para razonar sobre esa representación se utilizan planificadores. Un planificador genera de forma automática y gestiona un plan, que no es más que la secuencia de acciones necesaria

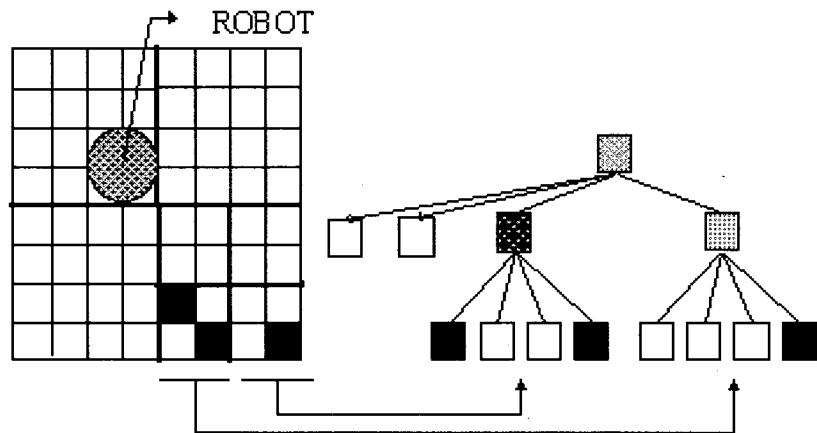


Figura 9.- Representación del mundo mediante un Quadtree.

para la consecución de una meta. Este problema se puede visualizar representando el espacio de búsqueda en forma de árbol (Figura 10), de tal manera que el plan es el camino óptimo dentro del árbol para alcanzar la meta propuesta.

Este procedimiento presenta una serie de limitaciones cuando consideramos la posibilidad de realizar acciones concurrentemente. Además es necesario que se ejecuten los pasos anteriores con el efecto deseado para poder realizar el siguiente paso, cuando esto no ocurre es necesaria la replanificación de toda la solución. En estos casos se debe abordar el problema desde una perspectiva distinta basada en técnicas multiagente.

4. Robots Existentes

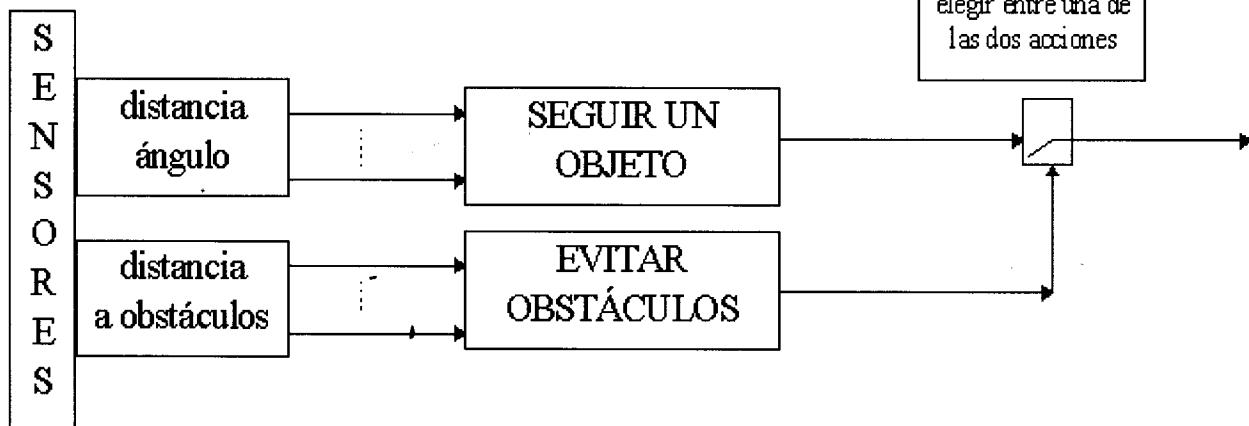
Las arquitecturas de control que se presentan en las secciones anteriores

se implementan sobre un soporte hardware, es decir, un robot físico. Dentro del mundo de los robots autónomos y dejando de lado los robots industriales, existen en la actualidad multitud de robots autónomos. Muchos de ellos en los centros de investigación, pero también existen empresas, desde las grandes multinacionales a las de aficionados, que fabrican y comercializan robots autónomos. De entre ambos mundos hemos seleccionado los siguientes ejemplos para dar una visión del estado actual en la fabricación de robots:

4.1. Empresas

Cybermotion: Empresa americana dedicada desde 1984 a la construcción de robots móviles autónomos. Su producto estrella es el robot **SR2**. Un robot de vigilancia para entornos industriales y de oficinas, capaz de

Figura 8.- Ejemplo de Arquitectura Reactiva.



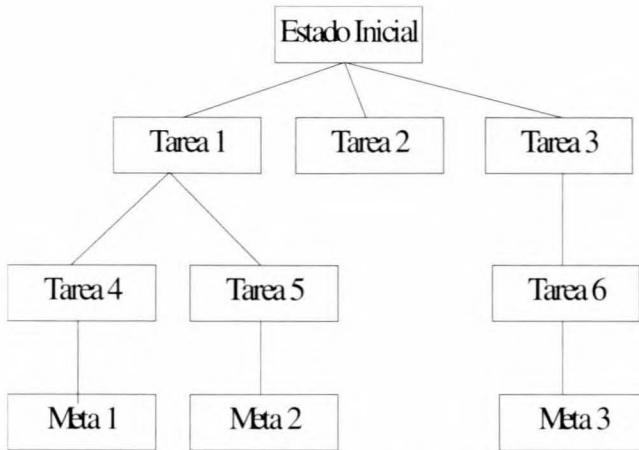


Figura 10.- Representación de la búsqueda de un plan.

patrullar 12 h. sin recargar baterías. Es capaz de detectar fugas de gases, incendios, intrusos, etc.

· *Nomadic Technologies*: Una de las empresas líderes en la fabricación de robots para la investigación. Su **Nomad 200** ha ganado el concurso del AAAI en 1995. En España hay varios ejemplares, por ejemplo, en la Facultad de Informática de la U.P.M. y en la E.T.S.I. de Telecomunicación.

· *Arrick Robotics*: Es una empresa texana que se dedica fundamentalmente a la fabricación de robots

siendo su producto estrella el **B21** (Figura 11) Además de esta plataforma dispone de multitud de periféricos como manipuladores, cámaras, etc.

En España también se pueden encontrar, por ejemplo en la Universidad Carlos III o en el Instituto de Automática Industrial del C.S.I.C..

· *Ublige Software y Robotics*: Es una empresa dedicada al desarrollo de chaquetas de software para el control de robots autónomos de tipo insecto con múltiples patas.



Figura 11.- El robot B21

modulares de bajo coste para la investigación. Un ejemplo es el **Trilobot**.

· *Real World Interface*: Fabrica robots mayoritariamente para los centros de investigación. Su diseño es similar al de Nomadic, siendo su producto estrella el **B21** (Figura 11) Además de esta plataforma dispone de multitud de periféricos como manipuladores, cámaras, etc.

En España también se pueden encontrar, por ejemplo en la Universidad Carlos III o en el Instituto de Automática Industrial del C.S.I.C..

· *Ublige Software y Robotics*: Es una empresa dedicada al desarrollo de chaquetas de software para el control de robots autónomos de tipo insecto con múltiples patas.

4.2. Universidades

· *Massachusetts Institute of Technology*: Es el centro que revolucionó, de la mano de Rodney Brooks, la forma de abordar los problemas del control de robots autónomos, pasando del control clásico basado en el razonamiento sobre un modelo interno del mundo, a un control reactivo. En la actualidad dentro de MIT existen varios grupos trabajando con robots autónomos, quizás uno de los robots más espectaculares por su reducido tamaño sea el robot hormiga (Figura 12). Estos robots de una pulgada cúbica

se están utilizando en el estudio de comportamientos colectivos.

· *Universidad Libre de Bruselas*: Es el centro europeo que ha seguido más de cerca el trabajo del MIT americano. Su enfoque tradicional se ha basado en robots con capacidades de aprendizaje, aunque actualmente están muy volcados hacia los agentes software.

· *Ecole Polytechnique Federal de Lausanne (EPFL)*: Centro suizo dedicado a la fabricación de robots autónomos, en la mejor tradición de la mecánica suiza de precisión.. Entre ellos destaca el mini-robot **Khepera** (Figura 13) que el Laboratorio de Agentes Inteligentes presenta en la demostración práctica.

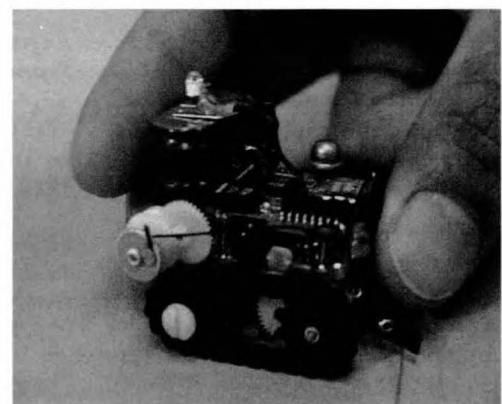


Figura 12: Micro-Robot Hormiga (Ants)

4.3. Dónde encontrarlos

La siguiente pregunta que se debe formular es donde se puede encontrar más información acerca de estos robots. La mejor fuente de información, en especial sobre tecnología es la internet, y dentro de internet el World Wide Web. Algunas URLs interesantes sobre robótica son:

· <http://www.robotstore.com>: Una empresa que se dedica a vender productos de robótica para aficionados, desde partes a robots completos a muy buen precio.

· <http://www.cs.indiana.edu/robotics/world.html>: Es el lugar donde se puede encontrar prácticamente todo lo relacionado con robótica: Centros de investigación, empresas, etc.



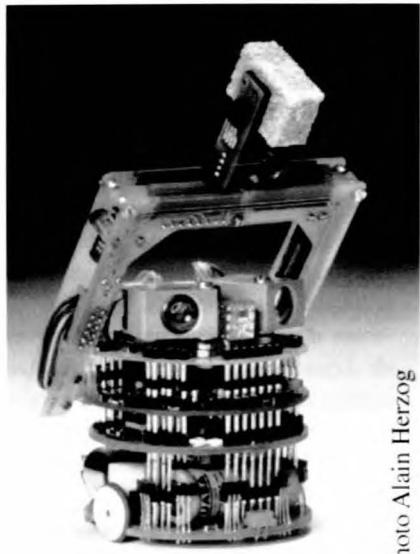


Photo Alain Herzog

Figura 13.- Mini-Robot Khepera

• <http://www.sm.luth.se/csee/ra/sm-roa/Robotics/WhoSWHo>: Listado de estudiantes interesada en temas de robótica.

• <http://www.robotic.com/robonews.html>: RoboNews! Las últimas informaciones sobre robots móviles y sobre la industria de la robótica. La mantiene la empresa Robotic Systems, Inc.

• <http://www.fr.ric.edu:80/robotics-faq>: La FAQ del grupo de news comp.robots en versión HTML.

• <http://www.fwi.uva.nl/research/neuro/ias-ras/ias.html>: La página de la Intelligent Autonomous Systems (IAS) Society.

• <http://www.robatics.com>: Arrick Robotics, empresa ya comentada anteriormente.

• <http://www.cybermotion.com/~cyberdog>: Cybermotion. La empresa fabricante del robot vigilante.

• <http://isr.com/~isr>: IS Robotics Corporation. La empresa fabricante de muchos de los robots que utilizan en los experimentos del MIT.

• <http://www.rwii.com>: Real World Interface, fabrica el B21, presentado anteriormente..

• <http://www.essi.fr/robosoft>: Robosoft es una empresa francesa clásica en la fabricación de plataformas robóticas para la experimentación.

• <http://www.traveller.com/~insecta>: Ubige Software & Robotics

fabrica y comercializa robots tipo insecto.

• <http://hp1.essex.ac.uk/Eurobots>: Archivo con robots europeos.

• <http://hyp.jsk.t.u-tokyo.ac.jp/~tom/rsj.html>: Archivo con robots japoneses.

Por supuesto existen muchas otras URL tan interesantes o más que éstas, pero ese es uno de los muchos encantos de Internet, navegar y encontrar. Happy Surfing.

5. Bibliografía Relacionada

• INTELIGENCIA ARTIFICIAL
G. F. LUGER, W. A. STUBBLEFIELD, *Artificial Intelligence. Structures and Strategies for Complex Problem Solving*, The Benjamin/Cummings Publ., 1993.

A.J. GONZALEZ, D.D. DANKEL, *The Engineering of Knowledge-Based Systems*, Prentice Hall, 1993.

R. M. HARALICK, L. G. SHAPIRO, «The Consistent labeling Problem: Part I», Trans. on PAMI, vol. 1, nº 2, Apr. 1979.

K. B. IRANI, S. I. YOO, «A methodology for Solving Problems: Problem Modeling and Heuristic Generation», Trans. on PAMI, vol. 10, nº 5, Sep. 1988.

• LÓGICA BORROSA

L. A. ZADEH, «Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes», Trans. on SMC, vol. 3, nº 1, Jan. 1973.

L. A. ZADEH, «Fuzzy Logic», IEE Trans on Computers, Apr. 1988.

L. A. ZADEH, «The Role of Fuzzy Logic in the Management of Uncertainty in Expert Systems», Fuzzy Sets and Systems 11, 1983.

H. MAMDANI, «Application of Fuzzy Logic to Approximate Reasoning Using Linguistic Synthesis», IEE Trans on Computers, vol. 26, nº 12, Dec. 1977.

I. B. TURKSEN, Z. ZHONG, «An Approximate Analogical Reasoning Approach Based on Similarity Measures», Trans. on SMC, vol. 18, nº 6, Nov/Dec 1988.

E. BINAGHI ET AL, «Fuzzy Reasoning Approach to Similarity Evaluation in Image Analysis», International Journal of Intelligent Systems, vol. 8, 749-769(1993), John Wiley&Sons.

KLIR & FOLGER, *Fuzzy Sets, Uncertainty and Information*, Prentice Hall.1992.

H.J. ZIMMERMANN, *Fuzzy Sets*,

Theory and its Applications, Kluwer 1985.

D. DUBOIS & H. PRADE, *Fuzzy Sets and Systems, theory and applications*, Academic Press 1980.

. WANG & KLIR *Fuzzy Measure Theory*, Plenum Press 1992.

• ARQUITECTURAS DE CONTROL

BADREDDIN, E., *Fuzzy Relations for Behavior-Fusion of Mobile Robots*. Proceedings of IEEE Int. Conference on Robotics and Automation, 3278-3283, 1994.

BRAUTENBERG, V., *Vehicles. Experiments in Synthetic Psychology*. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1984.

BROOKS, R.A., *A Robust Layered Control System for a Mobile Robot*. IEEE Journal of Robotics and Automation RA-2, 14-23, 1986.

BROOKS, R.A., *Intelligence without representation*. Artificial Intelligence, 47, 139-159, 1991.

CONNELL J. H. *Minimalist Mobile Robotics: A Colony-Style Architecture for an Artificial Creature*. Academic Press, Boston, MA, 1990.

GOODRIDGE, S.G., LUO, R.C. *Fuzzy Behavior Fusion for Reactive Control of an Autonomous Mobile Robot: MARGE* Proceedings of IEEE Int. Conference on Robotics and Automation, 1622-1627, 1994.

ISHIKAWA, S. *A method of autonomous mobile robot navigation by using fuzzy control*. Advanced Robotics, Vol. 9, No. 1, pp. 29-52, 1995.

JONES L. J., FLYNN A. M. *Mobile Robots: Inspiration to Implementation*. Ed. A. K. Peters, Wellesley, Massachusetts, 1993.

MINSKY M. *The Society of Mind*. Simon and Schuster. New York, NY, 1986.

MONDADA, F., FRANZI, P.I., *Mobile Robot miniaturisation: A tool for investigation in control algorithms*. Proceedings of the third International Symposium on Experimental Robotics. Kyoto, Japan, 1993.

NILSSON, N.J. (ED.), *Shakey the robot*. SRI A.I. Center Technical Note 323, April, 1984.

PIN, F.G., WATANABE, Y., *Driving a Car using Reflexive Fuzzy Behaviors*. Proceedings of the Second International Conference on Fuzzy Systems, pag. 1425-1430, San Francisco, 1993.

REIGNIER, P., *Fuzzy logic techniques for mobile robot obstacle avoidance*. Robotics and Autonomous Systems, 12, pag. 143-153, 1994.



PANGEA: COMUNICACIÓ PER A LA COOPERACIÓ

Gabriel Mesquida Masana

Pangea, l'únic continent. (Comunicació global alternativa). Em permet recordar-vos, temps enrera, les mobilitzacions per aconseguir el 0.7% dels pressupostos del nostre país per al tercer món. És molt important que tots cooperem per a tirar aquest món endavant, per a que sigui molt més just. I si la voluntat dels governs és important a la hora d'aconseguir-ho, imprescindible és la tasca de les ONGs, organitzacions no governamentals, al marge de tota actitud política, que, normalment amb recursos limitats i els esforços de molta gent, posen les bones intencions en la pràctica.

Posant aquestes mobilitzacions com a punt de referència, ens plantegem un nou problema, tenim uns recursos limitats, però, com podem afroitar-los al màxim? com fer que els fons que es destinen a cooperació s'utilitzin de la manera més eficient possible? Com podem evitar duplicar els esforços i, tractant de qualsevol camp de cooperació, com aprofitar la feina que ja ha fet altres organitzacions per a poder reprendre-la i aprofitar-la? Què es el que les noves comunicacions telemàtiques, les ja tant esmentades autopistes de la informació poden oferir a les ONG's en aquest sentit? Informació i comunicació. La causa: Una organització petita i amb pocs recursos difícilment pot tenir una infraestructura de comunicacions que li permeti treballar en equip amb les altres organitzacions. Fins ara això estava reservat a les més

grans, a les que disposaven de més recursos, a molt poques d'elles.

Posem per exemple una organització que treballi a qualsevol racó del nostre planeta. Com pot coordinar-se amb altres organitzacions amb els mateixos objectius i potser estan situades molt distants en la superfície terrestre? Com pot aconseguir informació de llocs on no ha estat? Com pot parlar amb gent que no coneix?

Una organització dispersa per la Terra, amb gent a diversos i diferents llocs intentant treballar plegats, com pot coordinar-se eficaçment? Trucades telefòniques, potser? Enviar documents? Tenim diverses opcions: el fax, que pot ser una trucada internacional molt cara i es pot haver de repetir més d'una vegada, els serveis de correu públic, que pot tardar molt en arribar o no arribar, els serveis de missatgeria privada, que d'un a l'altre continent poden ser molt cars. Els documents, cal imprimir-los en origen i repicar-los en destí, o potser enviar un disc d'ordinador de continent a continent? Hi ha un sistema millor.

I, anant més enllà, com podem estar informats? Quan les agències governamentals ofereixen una visió poc interessant i tal vegada interessada de les coses, quan en un o altre diari la informació és pràcticament la mateixa a més de ridículament breu i poc significativa, no estaria bé tenir la opinió d'un expert o d'una persona directament implicada en un esdeveniment, que el viu dia a dia? No ens enriquirà molt la visió d'una persona d'un entorn totalment diferent del nostre? No sabran moltes mes coses que nosaltres els que són allà? Això també és possible.

La resposta a tot això és una xarxa global i alternativa. APC, Association for Progressive Communications és un conjunt de nodes de tot el món que van més

enllà de la Internet i s'estenen per tot el món buscant la independència de la informació i la informació de qualitat. La filosofia d'APC és utilitzar recursos per a comunicar el món, especialment el món més necessitat de comunicació. Alguns nodes d'APC són nodes grans, connectats a la Internet, evidentment en països amb recursos. Però APC va més enllà i fa que la informació i la comunicació arribin allà on més fan falta. Alguns són ordinadors petits, nodes senzills en llocs remots que es connecten amb trucades telefòniques. APC intenta conectar tot el món.

Un aspecte interessant d'APC es que és al marge dels governs i d'interessos econòmics, i per tant és una xarxa alternativa, aspecte molt important per a desenvolupar activitats amb independència.

I quins són els recursos telemàtics útils per al món de la cooperació? Básicamente el correu electrònic, les conferències d'APC i l'accés a bases de dades.

El correu electrònic és el servei més bàsic i més important. Passar documents instantàniament d'un lloc a l'altre sense haver de fer més que un parell de trucades locals que ni tan sols han de fer-se en el mateix instant. En un extrem, per exemple amb una trucada local al node UNZA de Zàmbia, introduim la informació: una carta, un informe, qualsevol document o text. I hi posem un destí, per exemple Pangea. A partir d'aquell moment, i sense que nosaltres haguem de fer res més, el nostre text anirà fins a Pangea. I es quedrà allà, esperant una trucada local des de Barcelona que el recollirà. I tot plegat en un temps ràpid.

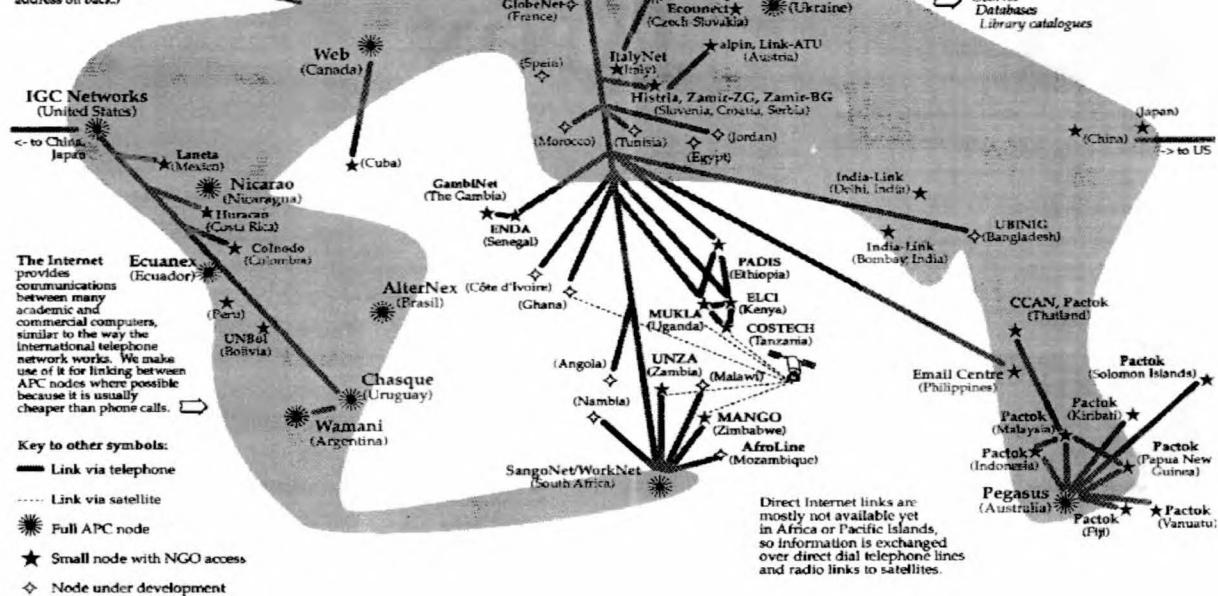
Les conferències són uns espais virtuals on persones i grups poden distribuir informació, obtenir informació, i crear discussió, sempre centrades en un tema. En una conferència es poden contactar persones, organitzacions que tre-

GABRIEL MESQUIDA MASANA va fundar una empresa d'edició de pàgines web. gabi@pangea.upc.es http://pangea.upc.es/~gabi

Association for Progressive Communications (APC)

Map of nodes and connected systems - December 1993

(Please report errors and omissions to GreenNet, address on back.)



ballen en el mateix tema i compartir coneixements, idees i experiències. Les conferències d'APC són un seguit de conferències selectes i rigoroses centrades en temes socials, de cooperació i desenvolupament, culturals, sobre pacifisme, del món de la educació.

L'accés a bases de dades ens permet d'una manera molt senzilla obtenir, per exemple, els darrers comunicats de premsa de Greenpeace, mapes de Ruanda, o les conclusions de la darrera cimera de les Nacions Unides, tasques que podrien portar mesos si no es fessin electrònicament.

Ja fa molts anys que ONGs del nostre país van descobrir els avantatges d'utilitzar totes aquestes eines electròniques. Per tal de fer-ho, moltes utilitzaven els serveis d'APC fent costoses trucades internacionals als nodes de GreenNet de Londres, o PeaceNet a San Francisco. Era car, però igualment valia la pena. Els era molt útil.

Fins que un grup de persones del món de la cooperació, la educació i l'antimilitarisme, es van posar d'acord per a crear un node d'APC a Barcelona. Es van reunir a un despatx de la UPC, el

de Leandro Navarro. D'allà sortiria la idea i la determinació de montar a Barcelona un node d'APC.

Es va crear Comunicació per a la Cooperació, entitat legal per a donar cobertura al projecte. Comunicació per a la Cooperació és una federació d'entitats civils: el Moviment d'Objecció de Consciència, Entrepobles, el Moviment 0,7% pel Desenvolupament i Pallassos sense Fronteres. Més tard es va afegir el suport d'Enginyers Sense Fronteres. Tot plegat no hagués estat possible sense el decidit suport de l'E.T.S.E.T.B., que va cedir una màquina i les seves connexions. Era una màquina anomenada CITEL, seguint 'Centre Integrat de TELEcomunicació'. I a partir d'aquí i amb l'esforç de molta gent va néixer Pangea.

Evan iniciaren contactes amb APC, les primeres conferències van a començar a arribar a Pangea des de Londres via Internet.

Després de més d'un any de feina i proves, el maig del 1994 Pangea es va donar a conèixer, primer a un reduït nombre de gent, més tard, l'octubre del 1994 en inauguració pública.

En aquests moments Pangea té més de 170 usuaris entre entitats i persones. S'organitzen cursos de coneixement de la Internet, especialment dirigits al món de la educació i de la cooperació. A més d'ONGs, un important nombre d'iniciatives socials, escoles, fins i tot un programa de Catalunya Ràdio, Calidoscopi, són connectades a Pangea. Pangea participa a la Xarxa Internacional per les Arts. A Pangea hi ha informació de les organitzacions que hi són connectades, així com exposicions d'art antimilitarista, de dibuixos procedents de nens de diverses nacionilitats dintre de les activitats organitzades per la xarxa educativa internacional IEARN, exposicions d'artistes catalans, directoris d'ONGs del país i moltes altres activitats que s'organitzen.

En la actualitat porten Pangea un grup de voluntaris que s'encarreguen d'actualitzar el sistema, posar noves informacions i de que tot funcioni correctament. També, és clar, es dóna suport als usuaris que no necessiten saber gaire res de comunicacions per aprofitar els recursos que Pangea els ofereix.

Entre tots, voluntaris i usuaris, i amb el suport de l'escola mantenim 'la criatura' funcionant, creixent i treballant per a un món millor.



COMUNICACIÓ PER A LA COOPERACIÓ
suport@pangea.upc.es



BRANCA D'ESTUDIANTS DE L'IEEE DE BARCELONA



INGENIERO EN JAPÓN

Alex Durán

Samurais, bonzais, tecnología punta, sake, arroz, el tren bala, sushi, el metro cargado hasta los topes, ... son algunas de las ideas que nos vienen a la cabeza al pensar en Japón. ¿Qué hay de cierto y que hay de tópico en todo ello?

Los primeros días en Japón uno percibe muchas curiosidades, esos típicos clichés japoneses que han dado la vuelta al mundo.

Choca, por ejemplo, la costumbre de quitarse los zapatos en los interiores de los edificios. Es posible hasta encontrar fábricas donde los trabajadores caminan solo con zapatillas. Por otra parte, es innegable que esta costumbre resulta muy cómoda para los pies.

En Japón es habitual saludarse inclinándose ligeramente hacia adelante, y no dando la mano o besando, como haríamos aquí. También aplican saludos concretos para distintas situaciones. Así, cuando un empleado deja el trabajo para irse a su casa siempre se despedirá de los que queden trabajando con un «siento dejar el trabajo antes que vosotros», muy respetuoso con los compañeros.

Otra diferencia son los baños japoneses, distintos a los occidentales. Aunque pueda parecer poco higiénico, los japoneses se bañan en grandes bañeras comunes, repletas de agua muy caliente. De hecho,

primero se enjabonan y aclaran fuera de la bañera, no estando permitido el hacerlo dentro. Una vez se han limpiado hasta el último rincón del cuerpo, se meten en la bañera donde por fin consiguen relajarse después de un duro día de trabajo.

Sin embargo, qué duda cabe que como turista uno tiene menos oportunidades de adentrarse en la verdadera cultura de un país. Por eso, la oportunidad que me ha brindado la asociación IAESTE de trabajar un verano en Japón tiene especial valor, pues me ha permitido entrar en contacto con la filosofía empresarial y la propia cultura japonesa.

He trabajado en Omron Co., en los grandes laboratorios de I+D (más de 800 ingenieros) que la empresa tiene en Kyoto. En concreto, mi proyecto ha sido el diseño y desarrollo de unos prototipos de modem sin cable (*wireless modem*).

Dichos prototipos usan la técnica de salto de frecuencia en Espectro Ensanchado, es decir, FH-CDMA. La primera fase consiste en buscar bibliografía, para continuar con el diseño de un sencillo sistema de solo dos modems, controlados por microprocesador, que a su vez irán conectados a unos PC portátiles me-

diente el puerto serie. Este diseño es fruto de varias discusiones y de las aportaciones de distintas personas del departamento.

Las discusiones técnicas e investigaciones hallan, sin embargo, siempre un mismo obstáculo: los japoneses no hablan bien el inglés. Y no es que los españoles vayan a molar bien el idioma pero ellos, a pesar de estudiarlo durante mu-

chos años, tienen dificultades añadidas. Y es que su idioma es obviamente muy distinto a los occidentales.

Hay tres tipos de caracteres escritos en Japón: *Kanji*, *Hiragana* y *Katakana*. Los caracteres latinos (los que nosotros usamos) también los utilizan, pero mucho menos:

Los caracteres Kanji son ideogramas, es decir, símbolos que representan ideas completas, traídos de China. Los caracteres Hiragana y Katakana representan sílabas individuales, componiendo cada sistema 46 caracteres. Baste decir que los japoneses tienen más de 2.000 caracteres Kanji como caracteres de uso diario. Así es comprensible que tengan tantos problemas con los idíomas.

Uno de estos sistemas, el Katakana, sirve para «codificar» las

ALEX DURÁN está realizando su Proyecto de Final de Carrera en Alemania mediante el programa Erasmus.

palabras que el japonés importa de otros idiomas, como el inglés. Así, cuando me dieron el libro de instrucciones del microprocesador que controlaba al modem de mi proyecto, y vi que estaba escrito íntegramente en japonés me di cuenta de lo difícil que iba a ser trabajar en ese país sin tener nociones del idioma.

Con una tabla de equivalencias de los símbolos Katakana a los sonidos equivalentes (en caracteres romanos) y mucha paciencia fue posible llegar a descifrar el modo de funcionamiento de dicho microprocesador. Vaya como ejemplo el que siguiendo el método antes descrito puede llegar a leer de un texto la palabra fu-ra-gu. Sabiendo que los japoneses muchas veces no pronuncian las u's y que confunden las r's y l's, se puede llegar a deducir que la palabra furagu no es más que flag, que todos conocemos bien.

Pero todas las dificultades del idioma se ven superadas por una buena voluntad y paciencia sin parangón. A los pocos días, es habitual que los japoneses te inviten a cenas, a conocer a sus familias, etc. Sorprende que aquellas personas tan serias y tan meticulosas que ves cada día en la oficina, sepan también beber un par de cervezas y pasarlo bien.

La comida japonesa, por su parte, tiene fama de encontrarse entre las más deliciosas del mundo... siempre que a uno no le repugne el pescado crudo. Los japoneses, que usan el arroz como acompañamiento de las comidas de igual forma que nosotros usamos el pan, tiene entre su gastronomía más conocida el *Sushi*, *Sashimi*, *Okonomiyaki*, *Yakisoba* o *Tempura*. El *Sake*, por su parte, es el vino japonés por excelencia, aunque hoy en día se ha visto sobrepasado por la cerveza como bebida más común.

Pero lo que llega a provocar situaciones realmente divertidas es el hecho de comer con palillos. Sobre todo los primeros días, cuando no tienes ni idea de cómo cortar el pescado con palillos o cómo acercar un granito de maíz hasta la boca. No tan

divertida es la costumbre de los japoneses de sorber ruidosamente la sopa o los spaghetti. Es más bien desagradable encontrarse en el comedor de la empresa con varios centenares de personas sorbiendo al unísono.

Las grandes empresas, como el caso de Omron Co., tienen sus comedores, sus tiendas, sus residencias para trabajadores y también organizan actividades los fines de semana para que nadie se aburra; todo de una forma muy paternalista.

Lo de la residencia para los trabajadores más jóvenes no es ninguna tontería pues Japón, con más de 120 millones de habitantes, tiene grandes problemas de espacio; la vivienda es exageradamente cara y ello obliga a muchos a buscar algo más barato, aunque esto se encuentre más lejos de la empresa. Y ahí surge otro de los grandes problemas en Japón: el movimiento diario de millones de personas desde sus hogares hasta el lugar de trabajo y el recorrido inverso de vuelta. No es falsa la imagen de miles de japoneses apretujados de forma inhumana en el metro.

Así no es extraño que las empresas incorporen habitualmente a sus filas a jóvenes ingenieros recién salidos de la universidad, aún sin experiencia, y además de pagarles sueldos de unas 300 mil pesetas mensuales, les acomoden en sus propias residencias. Aunque el sueldo pueda parecer elevado no hay que olvidar que el nivel de vida en Japón es más alto y los precios más caros. Lo que sí suele marcar una diferencia es la paga que se recibe por las horas extra, cantidad nada despreciable.

En el marco de esta actitud paternalista de la empresa hacia los empleados, lo más probable es que esta persona no abandone la empresa hasta la jubilación, y que poco a poco (más lentamente que en los países occidentales) y dependiendo de su

edad, vayan aumentando sus responsabilidades y correspondientemente su sueldo.

¿Y qué hay de cierto en el tópico del japonés que trabaja tanto? Trabajan muchas horas, pero no con la intensidad y la eficiencia con que lo haría un alemán, por poner un ejemplo. Lo cierto es que los japoneses trabajan cinco días a la semana (hasta no hace mucho eran seis) y la jornada laboral «oficial» consta de 8 horas. Pero no menos cierto es que las horas extra forman parte de la propia cultura. Así, la jornada laboral «real» rara vez es inferior a las 10 horas de media.

Poco a poco, y en gran parte gracias a los comentarios que vienen del exterior, los japoneses se van concienciando de que poseen un alto nivel de vida, y de que deben aprender a disfrutar de dicho status, sobre todo reduciendo las horas de trabajo.

*Lema de la empresa:
"Nosotros, con nuestro
trabajo, nosotros, nos
hacemos una vida mejor;
nosotros, nos
hacemos una sociedad
mejor"*

Lo que sorprende es que Japón sea el país con mayor grado de robotización en las fábricas y que el nivel de paro sea de los más bajos del mundo (a pesar de la fuerte recesión que ha venido sufriendo en los últimos años).

El japonés medio, por otra parte, es una gran consumista y cada vez es más habitual encontrarse japoneses haciendo turismo por todo el mundo, aunque lo normal es que pasen varios años antes de que puedan tomarse unas vacaciones largas; y no precisamente por cuestiones económicas.

Tienen pocos días de fiesta al año (unos 15) y normalmente los aprovechan para salir de las grandes ciudades como Tokyo, Osaka o Yokohama, y regresar por unos días a sus pueblos de origen, para reunirse con el resto de la familia.



Aprovechando esos festivos para viajar por Japón, uno puede experimentar una de las principales características de los japoneses, su timidez y curiosidad con los extranjeros, llevada al extremo.

En las grandes ciudades es posible cruzarse por la calle con otros extranjeros, no muchos. Pero fuera de ellas es más fácil encontrarse a un grupo de niños japoneses señalándote con el dedo y cuchicheando entre ellos; nunca antes habían visto a un occidental.

Además, sorprende comprobar cómo los japoneses son algo inocentes e incluso infantiles (los parques de atracciones y los cómics son extraordinariamente populares y atraen por igual a pequeños y mayores). Es posible que tenga que ver con esa bondad que hace de Japón uno de los países con menor criminalidad del mundo (las sectas y mafias constituyen la excepción, provocando una creciente preocupación en la sociedad).

Pero esa mayoritaria bondad se ve reflejada de muchas formas. En una ocasión, por ejemplo, entré en una tienda preguntando por una dirección, y el propietario, viéndome en dificultades, me fotocopió al instante parte de su guía de la ciudad, para que me pudiera orientar más fácilmente.

Sin embargo, en ocasiones ese exceso de amabilidad puede llegar a ser cargante. Por ejemplo, a los japoneses les es difícil decir que «no». Se debe sobrentender que un «quizás... o quizás no» significa que NO.

Su forma de ser les lleva a evitar los conflictos a toda costa, mostrándose aquí la influencia de sus religiones. En Japón conviven tres religiones: el budismo (importado del continente asiático), el cristianismo y el Sintoísmo, religión naturalista influida por el confucionismo y el budismo. A los japoneses les gusta comentar que un japonés puede nacer sintoísta, casarse católico y morir budista, como muestra de su toleran-

cia hacia las distintas creencias.

Y este pacifismo contrasta con la dureza con que la madre naturaleza trata el archipiélago japonés. Volcanes activos, tifones y huracanes violentísimos, y terremotos como el que sacudió Kobe hace ya casi un año forman parte del entorno con el que los japoneses deben luchar. Hoy, gran parte de la actividad del país se concentra precisamente en la reconstrucción del área de Kobe, borrando rápidamente algo que les ha afectado mucho, y que de alguna forma les avergüenza.

Como es lógico, los japoneses están orgullosos de su cultura. Y agradecen enormemente el esfuerzo que pueda hacer un extranjero para entender y adaptarse a ella. En cualquier caso, ese orgullo por su cultura no les impide mirar a otras culturas y captar lo que sea interesante, adaptándolo a su propia manera. Muy importante desde la II Guerra Mundial es la influencia americana, como se observa por ejemplo en que el deporte de más éxito sea y con diferencia, el béisbol.

Esta filosofía de observar, aprender y mejorar también aplica a la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías. Los japoneses son mucho más prácticos que europeos y americanos en este campo, y en vez de hacer avanzar la ciencia, prefieren buscar soluciones comerciales a los avances ya existentes.

Avances también se producen en mi proyecto, el desarrollo de los modems, y poco a poco se va recuperando el tiempo perdido con la «traducción» de las instrucciones del microprocesador. Se sueldan las conexiones pertinentes. Se prueba el modo de transmisión en un solo canal, y más adelante la comunicación entre los dos modems en ese mismo canal, comprobando preámbulos y sincronismos. La comunicación saltando de frecuencia en frecuencia siguiendo un patrón predeterminado es el último paso. El final del proyecto está cada vez más cerca y la expectación creada entre mis compañeros

también va en aumento.

Así, cuando uno se ve obligado a hacer horas extra para poder terminar a tiempo los modems, uno no puede evitar el sentirse un poco más solidario, un poco más japonés.

Sin embargo, en lo que no pude evitar algo tan puramente español, cultivado durante todos estos años de estudio en esta universidad, es el terminar el proyecto exactamente el día antes de la gran presentación, para gran regocijo de los compañeros japoneses.

Lo que sin duda forma parte de la cultura empresarial japonesa es la búsqueda de la armonía. Ello se plasma en tener grupos de trabajadores homogéneos, sin nadie que destaque demasiado, ni para bien ni para mal.

Otra forma de armonizar es permitiendo a todos los empleados participar en las reuniones y presentaciones, o mediante los conocidos grupos de calidad. En mi departamento, por ejemplo, cada día un empleado distinto disponía de unos minutos para hablar delante de los compañeros sobre cualquier tema. Todos tienen la oportunidad de expresar su opinión y así todos tienen la sensación de haber contribuido a la decisión final. El sistema parece funcionar, pues la fidelidad a la empresa es altísima y hay muy pocos conflictos con los sindicatos.

En esa misma línea, la gimnasia matutina que practican al ritmo de una agradable música muchos de los empleados, poco antes de empezar a trabajar, es algo más que un ejercicio físico; con ella se pretende fomentar la solidaridad grupal y elevar la producción.

Cada mañana, al empezar el trabajo, recitábamos todos juntos el lema de la empresa: «Nosotros, con nuestro trabajo, nosotros, nos hacemos una vida mejor; hacemos una sociedad mejor»; no deja de ser una síntesis de esta cultura tan rica y tan única.



HISTÒRIA DE LES TELECOMUNICACIONS

(UNA VISIÓ FILATÈLICA)

Ramon Arxer i Santi Ribes

La història de les telecomunicacions va lligada molt estretament a l'evolució de les investigacions en el camp de l'electricitat, en aquest article es pretén enumerar els fets més importants que han dut a la tècnica al punt que ens trobem, recordant aquelles persones que amb el seu esforç i enginy aportaren noves idees al sector.

La Filatèlia ha mostrat al llarg dels anys l'evolució de la societat i n'ha remarcat els fets més importants, a la vegada que ha tingut en les commemoracions de fets importants una gran font de temes, un exemple és la celebració l'any 1995 del centenari de la primera transmissió de radio, o bé el centenari de la Unió Internacional de Telecomunicacions el 1965.

ANTECEDENTS

L'home ha tingut la necessitat de comunicar-se des de sempre, i ha fet servir diferents mètodes per a fer-ho: senyals acústics (1), òptics o bé duent missatges usant animals de transport.

SEGLE VI a.C.

A Grècia s'havia comprovat que la resina d'ambre (anomenada en grec *elektron*) atreia la palla, aquesta atracció electrostàtica es va confondre molt de temps amb l'atracció magnètica de l'imant.

La notícia de la caiguda de

Troia (Grècia) es va transmetre a través d'una cadena d'estacions mitjançant senyals lluminosos, posteriorment durant l'imperi romà s'utilitzà també el mateix mètode per a transmetre missatges.

SEGLE XVI

1600 WILLIAM GILBERT, físic de la cort de la reina Elisabet d'Anglaterra publica *De Magnete* on fa notar la diferència entre la resina d'ambre i l'imant, per referir-se a l'ambre usa el mot llatí *electrum*, mentre que per referir-se a materials de comportament semblant a l'ambre usa la paraula *electrica*.

SEGLE XVII

1629 El jesuita italià NICOLA CABEO realitza importants observacions de repulsió elèctrica.

1660 OTTO VON GUERICKE de Magdeburg (Alemanya), que havia inventat la bomba d'aire, construeix la primera màquina elèctrica, tot i que no havia estudiat el fenomen en termes d'electricitat sinó com una manifestació de la *virtus conservativa* (la propietat d'atracció de la Terra).

Varies persones proposen telègrafs òptics al llarg del segle però són les proves fetes a Anglaterra per ROBERT HOOKE les més conegudes.

SEGLE XVIII

1731 STEPHEN GRAY (Anglaterra) publica unes memòries a *Philosophical transactions of the Royal Society* on demostra que algunes substàncies són conductors

d'electricitat i altres no.

1733 CHARLES FRANÇOIS DE CISTERNAY DU FAY, superintendent dels jardins de Lluís XV de França, descriu la primera teoria del fenomen elèctric.

1745 EWALD GEORGE VON KLEIST realitza a Alemanya les primeres experiències d'emmagatzematge d'energia, carregant electrostàticament un volum d'aigua contingut en una botella.

1746 PIETER VAN MUSSCHENBROECK repeteix a Leiden (Alemanya) les experiències de VON KLEIST, fet que portarà a la invenció de les botelles de Leiden, prototipus del condensador.

1786 LUIGI GALVANI professor a Bologna (Itàlia) (2) descobreix que la pota d'una granota disseccionada es mou compulsivament si es toca amb un escàpel mentre un aparell elèctric està en funcionament a la mateixa habitació, aquest experiment fou la base del que anomenà erròniament electricitat animal.

1760-1790

GALVANI i ALESSANDRO VOLTA realitzen a Itàlia les primeres experiències per captar perturbacions elèctriques existents a l'atmosfera, a la vegada que experimenten amb diversos tipus de telègrafs.

1794 Durant la Revolució Francesa, la Convenció decideix portar el telègraf òptic, ideat per CLAUDE CHAPPE el 1.793 (3), a la pràctica amb l'encàrrec de construir la primera línia de telègraf òptic entre París i

RAMON ARXER i GALABERT és estudiant de cinquè de telecomunicacions, SANTI RIBES i RODRÍGUEZ és un filatèlic apassionat.

Lille de 230 Km.

1795 FRANCESC SALVÀ i CAMPILLO (metge nascut a Barcelona) fa lectura d'una memòria a l'Acadèmia Ciències de Barcelona titulada: *La electricidad aplicada a la telegrafía*, on per primera vegada a la història es parla d'un procediment de telegrafia sense fils. En aquesta memòria també proposa un telègraf elèctric basat en un conjunt de 44 fils.

1796 SALVÀ i CAMPILLO realitza una experiència de telegrafia a la Cort d'Espanya, el fet apareix a la *Gaceta del dia* 25 de novembre.

1798 Davant l'èxit de la comunicació mitjançant el telègraf òptic AGUSTÍN DE BETANCOURT (Espanya) i A. LOUIS BRÉGUET (França) presenten a l'Acadèmia de Ciències Francesa un nou model de telègraf que rebrà un informe favorable.

1799 AGUSTÍN DE BETANCOURT rep l'encàrreg de construir una línia de telègraf òptic de Madrid a Càdis. El 1830 s'estableix una línia entre Madrid i els *reales sitios* d'Aranjuez i San Ildefonso.

SEGLE XIX

1800 El 14 de maig SALVÀ i CAMPILLO presenta a l'Acadèmia de Ciències de Barcelona una memòria titulada : *Adicción sobre la aplicación del galvanismo a la telegrafía*.

Com a evolució de la teoria de l'electricitat animal de GALVANI, VOLTA, usant un electroscopi inventat per ell mateix el 1782, descobreix els principis que li permetran construir la primera bateria elèctrica (4).

1804 El 22 de febrer SALVÀ i CAMPILLO presenta una altra memòria a la qual exposa l'aplicació de la pila de Volta a la telegrafia. En aquesta memòria descriu un codi per utilitzar únicament 6 conductors, essent un precursor de la transmissió en paral·lel de codis binaris.

1810 S.T. VON SOEMMERING ensenya el telègraf desenvolupat per ell, de fet un model molt semblant al



desenvolupat per SALVÀ i CAMPILLO, al baró SCHILLING.

1820 HANS CHRISTIAN OERSTED (Dinamarca) demostra la producció d'un camp magnètic generat pel corrent que travessa un conductor, veient com es modifica l'orientació d'una agulla magnètica en acostar-la al conductor.

ANDRÉ-MARIE AMPÈRE (França) (5) suggerí una forma de transmetre missatges mitjançant un conductor per a cada lletra i una agulla magnètica com a detector del corrent que hi circuli.

1822 AMPÈRE defineix els principis de l'Electrodinàmica, que ell anomenà electricitat en moviment, demostrant-los empíricament i mitjançant anàlisi quantitatius.

1825 WILLIAM STUR-GEON (Anglaterra) seguint els descobriments d'OERSTED construeix un electroimant.

1826 GEORG SIMON OHM (Alemanya) anuncia la llei que porta

el seu nom.

1831 MICHAEL FARADAY (Anglaterra) (6) el convenciment que si l'electricitat podia produir magnetisme, el magnetisme prodria produir electricitat, el porta a demostrar que mouent un disc de coure entre pols magnètics, podria generar un corrent (Descobriment de la inducció).

1832 PAUL von SCHILLING-CANSTADT (nadiu d'Estònia) treballa en la idea d'AMPÈRE però no duu a la pràctica cap telègraf.

1836 El jove estudiant anglès d'anatomia a Heidelberg (Alemanya) WILLIAM COOKE, queda impressionat per les proves d'electromagnetisme que es realitzen a la ciutat. Això el duu a treballar en el tema aconseguint en tres setmanes un primer instrument telegràfic del tipus agulla-magnètica.

De tornada a Anglaterra FARADAY el presenta a CHARLES WHEATSTONE del King's College





de Londres, qui ja havia treballat en el disseny de telègrafs elèctrics.

Mentre COOKE i WHEATSTONE desenvolupen el seu sistema telegràfic el qual esdevindrà un estàndard a Anglaterra, SAMUEL MORSE (Estats Units) estava perfeccionant diferents tipus de telègraf electromagnètic però no va ser fins aquest any que no va completar el seu primer instrument.

1837 Abans de tenir un acord d'associació, COOKE i WHEATSTONE, contrueixen una línia de telègraf al llarg del ferrocarril de Londres a Birmingham, entre les estacions d'Euston (Londres) a la de Camden Town, separades 1600 metres. Els seus primers instruments necessitaven 5 o 6 fils i les seves corresponents agulles magnètiques.

El mateix any MORSE envia el seu primer missatge al llarg d'un cable de 520 metres. Poc després fa dues millores molt importants : desenvolupa un relé que permetrà augmentar la distància pràctica de transmissió de missatges i crea el codi de punts i ratlles alhora que

introduceix un ressonador proposat pel seu joventut col·lega ALFRED VAIL.

1840 Es duu a terme la reforma postal a Anglaterra impulsada pel creador dels segells, Sir ROWLAND HILL (7).

Apareix el primer segell del món, el *One Penny*, editat pel servei postal anglès (8).

1844 El mes de gener el Congrés dels Estats Units aprova la construcció d'una línia de telègraf seguint la via fèrria entre Washington fins a Baltimore amb el sistema de telègraf MORSE.

El 24 de Maig, MORSE transmet el missatge : «*What hath God wrought*» des de Washington fins a Baltimore (9).

1845 S'instal·la a llera del riu Hudson a Nova York (Estats Units) el primer cable telegràfic submarí fluvial.

1846 El dia 2 d'octubre es posa en funcionament la línia de telègraf òptic entre Madrid i Irun, dissenyada per

JOSÉ MARÍA MATHÉ ARAGUA (Espanya), coronel de l'Estat Major, expert en topografia i fortificacions. Ell mateix organitzà la xarxa de telègraf òptic, en redactà el reglament i les normes de transmissió i confeccionà els codis (10).

S'inaugura aquest mateix any, la línia Madrid-València.

1850 S'inaugura la línia de telègraf òptic Madrid - Cadis.

Apareix el primer segell espanyol, el 6 *Cuartos* (11).

1851 S'instal·la el primer cable telegràfic submarí entre Dover (Anglaterra) i Calais (França), després d'intents infructuosos el 1847 i el 1850 per culpa de l'aïllant utilitzat.

1858 L'*ATLANTIC TELEGRAPH COMPANY* (Estats Units) instal·la el primer cable telegràfic submarí transatlàntic, que funcionarà del 5 d'agost fins el 20 d'octubre.

El 17 d'agost s'envia el primer missatge comercial mitjançant el cable transatlàntic, és un missatge de felicitació de la Reina Victòria d'Anglaterra al President Buchanan dels Estats Units.

1859 JULIUS PLÜCKER (Alemanya) descobreix els raigs catòdics.

1865 JAMES CLERK MAXWELL (Anglaterra) (12) presenta la teoria de l'energia electromagnètica en el seu informe : *A Dynamical Theory of the Electromagnetic Field*.

MAHLON LOOMIS (Estats Units) realitza unes primeres experiències de telegrafia sense fils fent una transmissió de missatges telegràfics a una distància de 18 milles.

1866 L'*ATLANTIC TELEGRAPH COMPANY* fleta el vaixell *The Great Eastern* (13) per fer un nou intent d'instal·lar un cable telegràfic transatlàntic, dissenyat per GISBORNE (Canadà) (14). el qual començà el 23 de juliol de 1865. Després d'instal·lar 1200 milles de cable estrenca i s'abandonà el projecte durant un any. L'*ANGLO-AMERICAN COMPANY* reprèn el



projecte i conclou el 8 de setembre la instal·lació del segon cable submarí transatlàctic

1870 S'enllaça Londres i Calcuta mitjançant una línia telegràfica aèria/submarina d'11000 Km.

1876 El 14 de Febrer ELISHA GRAY a Chicago (Estats Units) registra una sol·licitud de patent per a la transmissió elèctrica de sons.

Unes hores abans ALEXANDER GRAHAM BELL a Boston (Estats Units) (15) registra un informe amb el mateix fi: la transmissió elèctrica de sons. BELL obtindrà els drets de patent i el reconeixement de l'invenció però no serà fins després d'un llarg litigi.

El 10 de març BELL realitza la primera comunicació telefònica amb el següent missatge: «*Mr. Watson, come here, I want you*» (16).

1877 Els treballs de D.E. HUGHES (Estats Units) que comprova que la conductivitat del carbó varia en sotmetre'l a una pressió elèctrica, faciliten la fabricació dels primers

micròfons de carbó per part de THOMAS ALVA EDISON (Estats Units) (17).

1880 BELL duu el seu invent un pas més enllà: en lloc de transmetre ones sonores mitjançant cables, va fer servir un feix de llum, inventant el fotòfon. Ho deixa de banda degut al curt abast que se n'obtenia i les pèrdues elevades dels materials usats.

1882 El professor DOLBEAR de la Universitat de Tufts (Estats Units) rep la concessió d'una patent de telegrafia sense fils el mes de març.

1884 Les investigacions de TEMISTOCLES CALZECCHI ONESTI (Itàlia) (18) sobre metalls sotmesos a camps magnètics, permeten a ÉDOUARD BRANLY (França) (19) idear el cohessor el 1890, dispositiu mitjançant el qual es detectaran ones electromagnètiques en el primer receptor de radiotelègraf.

1887 HEINRICH RUDOLPH HERTZ, (Alemanya) (20), comprova teoria electromagnètica de

MAXWELL.

1890 L'empresa *BUDAPEST CABLE SYSTEM* (Estats Units), transmet programes d'entreteniment per telèfon.

1891 ALMON STROWGER (Estats Units), inventa un selector automàtic telecontrolat pel terminal d'abonat.

EDISON rep la concessió d'una patent de telegrafia sense fils el 29 de desembre que va ésser sol·licitada el 25 de maig de 1885.

1892 Se li atribueix a NATHAN B. STUBBLEFIELD (Estats Units), haver fet la primera transmissió sense fils de veu.

1894 BRANLY idea el concepte d'antena. ALEKSANDER S. POPOV (Rússia) (21) fabrica la primera antena. OLIVER JOSEPH LODGE (Estats Units) perfecciona el sistema de sintonització.

1895 GUGLIELMO MARCONI (Itàlia) construeix el primer generador



(22)



(23)



(24)

d'ones de ràdio.

El mateix any que ho feu MARCONI, POPOV construeix un generador d'ones de ràdio essent una altra demanda de primícia.

1896 ANTOINE HENRI BECQUEREL (França) descobreix la radioactivitat.

1897 MARCONI el 2 de Juliol obté la patent anglesa de telegrafia sense fils.

JOSEPH JOHN THOMSON (Anglaterra) demostra que els raigs catòdics són càrregues negatives de la mida d'un àtom que ell anomenà corpuscles, anomenats actualment electrons.

1898 El 20 i 21 de juliol MARCONI transmet per ràdio resultats de la Regata de Kingstown (Irlanda) per al diari *Daily Express* de Dublin, essent la primera vegada que la premsa utilitza la ràdio.

EUGÈNE DUCRETET (França) estableix un enllaç de ràdio entre la Torre Eiffel i la vila de

Panthéon.

1898 MARCONI experimenta el nou sistema a la marina mercant establint connexió entre Ballycastle-Rathlin Island (Anglaterra).

JOHN AMBROSE FLEMING (Estats Units) inventa el díode.

OLIVER JOSEPH LODGE (Anglaterra) inventa el sintonitzador selectiu.

1899 L'octubre d'aquell any MARCONI transmet via ràdio els resultats de la cursa internacional vaixells de Sandy Hook (New Jersey, Estats Units) al diari *Herald Tribune* de Nova York (Estats Units).

MARCONI i BRANLY estableixen un enllaç de ràdio entre Douvres (Anglaterra) i Wimereux (França) (22).

SEGLE XX

1900 REGINALD FESSENDEN (Canadà) (23) fa les primeres transmissions de veu humana via ràdio.

1901 MARCONI transmet un telegrama radiat.

Els primers intents de transmissió transatlàntica es fan mitjançant una agrupació circular d'antenes des de Poldhu, Cornwall (Anglaterra). El dia 12 de desembre MARCONI informa de la recepció de la lletra «S» (tres punts) a Signal Hill, Newfoundland (Canadà), el transmissor era manipulat per JOHN AMBROSE FLEMING professor de l'*University College* de Londres.

1902 ARTHUR E. KENNELLY i OLIVER HEAVISIDE (Anglaterra) cadascú per la seva banda arriben a la conclusió de l'existència d'una capa elèctricament conductora a l'atmosfera superior que reflexava les ones de ràdio, per això la ionosfera durant molt de temps se la conegué com capa Kennelly-Heaviside.

1903 FESSENDEN genera una ona contínua amb un alternador.

1904 CHRISTIAN HULSMAYER (Alemanya) desenvolupa i patenta una primitiva forma de radar per a vaixells.

FESSENDEN inventa el

circuit heterodí

1906 LEE DE FOREST (Estats Units) inventa el tríode com a millora del díode.

FESSENDEN, modifica la transmissió generant «ones contínues» en oposició a les guspires i «ones discontinués» de MARCONI.

1907 BORIS ROSING de l'Institut Tècnic de Sant Petersburg (Rússia) desenvolupa un transmissor d'exploració mecànica en un tub de raigs catòdics.

LEE DE FOREST (Estats Units) fa demostracions puntuals de ràdio des de la *Metropolitan Opera* de Nova York mitjançant tubs de buit Audion.

ÉDOUARD BELIN (França) (24) inventa el procediment per la transmissió de fotografies per telegrafia i ràdio, conegut inicialment amb el nom de belinografia.

1909 CHARLES DAVID HERROLD (Estats Units) engega la primera emissora de radiodifusió, la KCBS, a San José (California, Estats Units).

1913 Es realitzen a BÈLGICA les primeres proves transmissió per ràdio transmetent concerts de ràdio des del Palau Laeken.

1917 VLADIMIR KOSMA ZWORYKIN (Rússia), alumne de ROSING, desenvolupa la televisió electrònica per la Companyia Russa de Telèfon i Radiotelègraf.

1920 Es fan a Anglaterra les primeres proves transmissió per ràdio de caràcter públic des de Chelmsford.

A València es retransmet un concert del Palau d'exposicions per al públic present al paraninf de la Universitat, i a Barcelona unes 25.000 persones concentrades a l'esplanada de Montjuïc escolten un concert fet a la ciutat.

S'inaugura a la ciutat de Pittsburg (Estats Units) amb el nom de KDKA la que es considera la primera estació amb emissions regulars.

1922 S'inaugura la primera estació

radiofònica a Anglaterra, la BBC (British Broadcasting Company), integrada per sis empreses elèctriques.

1925 Es constitueix la Unió Radiofònica Internacional amb l'objectiu inicial d'evitar les interferències entre estacions mitjançant l'acció coordinada dels estats participants.

1926 El 23 de febrer es crea als Estats Units la FRC (*Federal Radio Commision*) per a controlar les 732 emissores que hi havia en funcionament.

1927 S'estableix el primer enllaç telefònic transatlàntic per ona curta.

BAIRD a Anglaterra i HANSELL als Estats Units proposen l'ús de fibres per a transmetre imatges de televisió, però les seves idees no van tenir continuació.

1929 ZWORYKIN fa una demostració del seu receptor de tub de raigs catòdics al míting IRE a Rochester (Estats Units).

1932 Es crea la U.I.T. (Unió Internacional de Telecomunicacions) a Madrid com a fusió de la Unió Telegràfica Internacional (creada el 1865) i la Unió Radiotelegràfica Internacional (creada el 1906).

1933 EDWIN HOWARD ARMSTRONG (Estats Units) inventa la modulació en freqüència (FM).

1935 ARMSTRONG fa la primera transmissió regular d'FM.

1936 El mes de juny DON LEE (Estats Units) fa la primera demostració pública de televisió amb la transmissió diària d'imatges de 100 línies.

1937 Es construeix el primer radar operatiu, el *Chain Home* a Anglaterra dissenyat per ROBERT WATSON-WATT.

Durants els anys 30 es realitzaven esforços paral·lels en el desenvolupament del radar per part de França, la Unió Soviètica i Japó. Durant els anys de la guerra els esforços dels Estats Units amb l'ajuda



d'Anglaterra, van deixar enrera els fets per Alemanya i el Japó i tingueren un paper molt important en l'èxit de les tropes aliades (25).

1938 ALEC REEVES inventa la modulació PCM, permetent la representació digital d'informació analògica.

1941 L'1 de Juliol, després d'haver fet grans millores en el sistema electrònic de ZWORYNIN, comença als Estats Units la difusió de televisió.

1948 L'empresa AT & T (Estats Units) inventa el transistor, donant una empenta enorme al desenvolupament de l'electrònica.

1950 Després d'una progressiva ampliació de competències amb la distribució de freqüències, la Unió Radiofònica Internacional esdevé la Unió Europea de Radiofusió.

1954 Es fa als Estats Units la primera difusió de televisió en color.

1956 Es posa en funcionament aproximadament un segle després de fer-ho el seu precursor telegràfic el primer cable telefònic submarí transatlàntic amb 51 repetidors immersos.

Als anys 50 estudis de A. C. S. VAN HEEL d'Holanda, H. H. HOPKINS i N. S. KAPANY

d'Anglaterra porten al desenvolupament del fibroscopi flexible, el qual és amplament usat en el camp mèdic.

KAPANY encunya el terme fibra òptica.

1957 La història dels satèl·lits artificials comença amb el llençament per la Unió Soviètica del satèl·lit SPUTNIK-I (26).

1958 Llançament del primer satèl·lit americà de telecomunicacions l'SCORE.

1960 Llançament satèl·lit passiu ECHO I i el satèl·lit actiu COURIER, el qual emmagatzemava missatges i els retransmetia en passar per damunt de l'estació destí ja que era un satèl·lit de cota mitjana que donava voltes a la Terra constantment.

S'inventa el Làser (*Light amplification by stimulated emission of radiation*).

1961 El mes de gener el FCC (*Federal Communications Commision*) d'Estats Units autoritza les emissions regulars d'FM en estèreo.

1962 Llançament del primer satèl·lit americà actiu de telecomunicacions, TELSTAR I (27), de cota baixa permetent la primera transmissió transatlàntica de televisió.

Llançament satèl·lit





TELSTAR II, RELAY I i RELAY II (1.962-64) (28).

El 10 de juliol s'estableix el primer enllaç directe entre les televisions francesa i nord-americana mitjançant el satèl·lit RELAY i les estacions terrenes de: Pleumeur-Bodou, Andover i Goonhilly Downs (29).

1963 Intent d'establir en òrbita geoestacionària el satèl·lit SYNCON I amb resultat fallit (30).

Llançament satèl·lit geoestacionari SYNCON II.

1964 Llançament del satèl·lit geoestacionari SYNCON III i el satèl·lit passiu ECHO II (31), usats per comunicar els Estats Units amb el Sudest Asiàtic

La Compañía Nacional Telefónica de España participa activament amb una estació experimental de transmissió per satèl·lit a Griñon (Madrid).

1965 Llançament del primer satèl·lit de telecomunicacions soviètic MOLNIYA 1-A, d'òrbita el·líptica i de cota mitjana.

Llançament satèl·lit comercial EARLY BIRD llençat des de Cap Kennedy

1969 S'aconsegueix una cobertura total de la Terra mitjançant satèl·lits.

Transmissió d'imatges de l'arribada de l'home a la Lluna (Projecte Apol·lo, Estats Units) (32).

1976 L'empresa Rediffusion of London (Anglaterra) instal·la el primer sistema comercial de fibra òptica per transmetre senyals de televisió per als seus subscriptors de televisió per cable.

1977 S'usa per primera vegada la fibra òptica en telefonía comercial a Long Beach (California, Estats Units).

1980 Transmissió de la sonda espacial Voyager de fotografies de Júpiter i Saturn (33).

1992 Llançament l'onze de setembre del primer satèl·lit de telecomunicacions espanyol l'HISPASAT 1A (34).

PER SABER-NE MÉS

Potser trobareu a faltar alguns fets en aquest article, però ha calgut fer una tria, el més acurada possible, per a fer que no ocupés tota la revista.

Si algú està interessat en la història de les telecomunicacions a casa nostra li recomanem el Projecte de Fi de Carrera de Susanna Ramos : Serveis i sistemes de telecomunicació a Catalunya.

Qui vulgui introduir-se en el món de la filatèlia li recomanem els llibres i revistes que apareixen a les referències filatèliques.

Les dades contingudes en aquest article es trobaran constantment ampliades a l'adreça d'Internet : <http://citel.upc.es/users/ieee/historia/historia.htm>.

REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

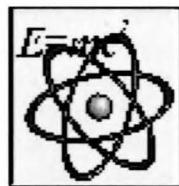
- AAVV, *Engineering in History*, McGraw-Hill
- Barry Mishkind, *Broadcast FAQ List*
- Maria Corominas, *Models de ràdio als països occidentals*, Generalitat de Catalunya.
- José A. Carballar Falcón, *Los servicios de Telecomunicaciones*, RA-MA
- P.G. Fontollet, *Systèmes de télécommunications*, Dunod
- Eli Brookner, *Radar Technology*, Artech House
- Edwards A. Lacy, *Fiber optics*, Prentice-Hall

REFERÈNCIES FILATÈLIQUES

- Juan Franco Crespo, *Centenario Marconiano, cien años de radio*, Crònica filatèlica N° 127
- Sección Novedades, Crònica filatèlica N° 131
- Juan Quintana, *Les antenes de TSF, Le Monde des Philatélistes* N° 491
- Canada Post Corporation Editions
- Yvert & Tellier Editions
- Sellos del mundo, Orbis-Fabbri

AGRAÏMENTS

A l'IIm. Sr. Antoni Elias i Fusté, director de l'Escola de Telecomunicació de Barcelona, al Sr. Andrew Goldstein del *History Center* de l'I.E.E.E. que ens han facilitat la recerca bibliogràfica, al personal del Laboratori de Serveis Informàtics per l'ajut i el material deixat, i a les altres persones que amb la seva paciència i el seu suport ens han ajudat a fer l'article.



LA ESPECTROSCOPÍA RAMAN APLICADA A LA IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES PICTÓRICOS

Sergio Ruiz-Moreno, María José Sedó, José Yúfera, Manolo Manzaneda, María José Soneira, Mónica Breitman, Paz Morillo, Ignacio Gracia.

El patrimonio cultural constituye el legado de la humanidad a lo largo de la historia y, como tal, debe ser conservado y restaurado para evitar la huella que deja el paso del tiempo. Sin embargo, las técnicas empleadas deben ser respetuosas con el original y por tanto no deben alterarlo ni destruirlo. Tanto para identificar como para conservar un objeto artístico es necesario un estudio exhaustivo de los materiales que lo componen, los cuales, en el caso de obras artísticas, son los pigmentos empleados por el autor original. En esta dirección, un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicación está desarrollando un método el cual, mediante técnicas de procesado de señal, analiza el espectro resultante de la dispersión de un rayo láser en la pieza objeto del análisis. Este espectro se conoce como espectro Raman y es característico de cada tipo de material (algo así como su huella dactilar).

Hasta ahora, muchas de las técnicas existentes basan su análisis en la extracción de mues-

tras, lo cual significa que se trata de técnicas destructivas. Sin embargo, la espectroscopía Raman aparece como un método adecuado tanto por su capacidad de identificación de los materiales como por su carácter no destructivo de los mismos. Se trata de una tecnología al servicio del arte que aporta una información objetiva y fiable acerca de los materiales que fueron empleados en su momento por el autor. Esta información puede ser muy valiosa a la hora de restaurar, de autenticar o de datar una obra de arte.

Veremos, en primer lugar, los fundamentos de la espectroscopía Raman y, a continuación, algunos

resultados experimentales que hemos obtenido trabajando en el Laboratorio de Espectroscopía Raman de los Servicios Científico-Técnicos de la U.B.

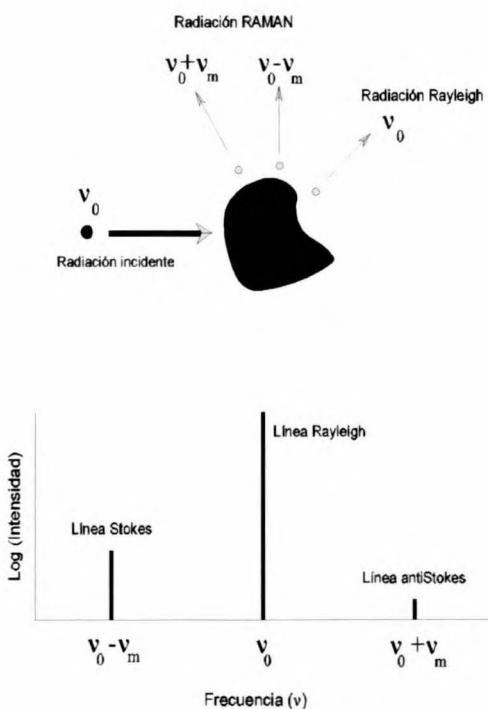


Figura 1.- Modelo simple de la dispersión Raman.

SERGIO RUIZ-MORENO es profesor titular del T.S.C. de la asignatura de Comunicaciones Ópticas. Investiga en Sistemas de Transmisión por Fibra Óptica y Espectroscopía Raman aplicada a la Identificación de materiales.
MARÍA JOSÉ SEDÓ, JOSE YÚFERA, MANOLO MANZANEDA y MARÍA JOSE SONEIRA pertenecen al Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Cataluña.
MONICA BREITMAN, PAZ MORILLO e IGNACIO GRACIA pertenecen al Departamento de Matemática Aplicada y Telemática de la misma Universidad.

Identificación de pigmentos mediante espectroscopía Raman

El espectro Raman se basa en el efecto del mismo nombre que descubrió el profesor indio C.V. Raman en 1928 y por el cual obtuvo el premio Nobel. Sin em-



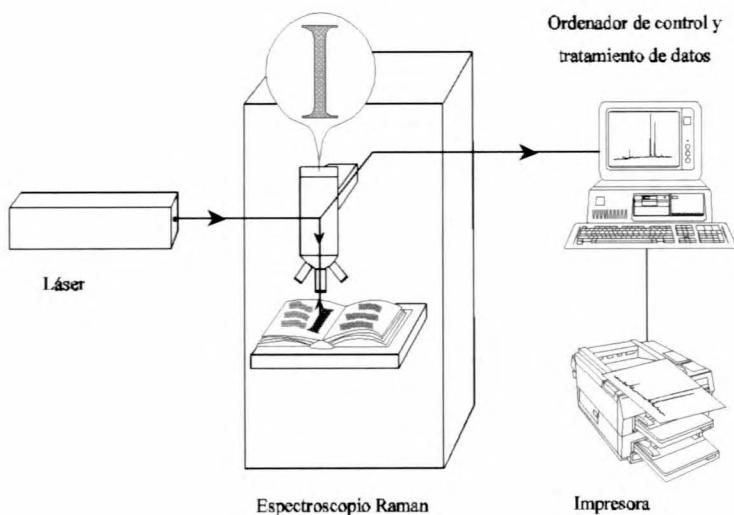


Figura 2.- Diagrama de bloques de un sistema de espectroscopía Raman.

bargo, la tecnología de la época no permitió que se desarrollaran las aplicaciones que se derivan de este descubrimiento.

Este efecto consiste en la dispersión inelástica de la luz al incidir sobre la materia. Si se ilumina un material con una luz monocromática de una determinada frecuencia ν_0 parte de la ener-

gía incidente se dispersa en todas direcciones. Un modelo simple sería el de la figura 1, en el que podemos ver cómo el espectro resultante de la radiación dispersada presenta una raya espectral principal, que se denomina línea de Rayleigh, y dos más, líneas de Stokes y antiStokes, desplazadas una frecuencia ν_m respecto de la anterior. Esta frecuencia diferencia es independiente de la frecuencia incidente y es propia de cada material sirviendo por tanto, para caracterizar sin ambigüedad cada substancia. La radiación de frecuencia $\nu_0 - \nu_m$ (Stokes) es de mayor intensidad que la radiación a $\nu_0 + \nu_m$ (antiStokes) y por ello se suele representar sólo la radiación Stokes.

En la identificación de pigmentos, aprovechando el grado de libertad que da el hecho de que esta frecuencia característica no depende de la frecuencia de la luz incidente, aunque si su intensidad, se escoge



Figura 3.- Boceto del retrato ecuestre de Carlos IV.

el margen frecuencial en el que menos afectan otros fenómenos, como la fluorescencia, que podrían llegar a enmascarar el espectro. En el caso de compuestos orgánicos se ha demostrado que el margen frecuencial más adecuado es el del infrarrojo cercano, mientras que para los compuestos inorgánicos se utiliza luz incidente en el margen visible.

El sistema completo para la identificación de materiales pictóricos (fig. 2) consta básicamente de un láser monocromático de gran pureza, un espectroscopio de alta calidad (en el que la luz dispersada pasa por un monocromador doble que separa

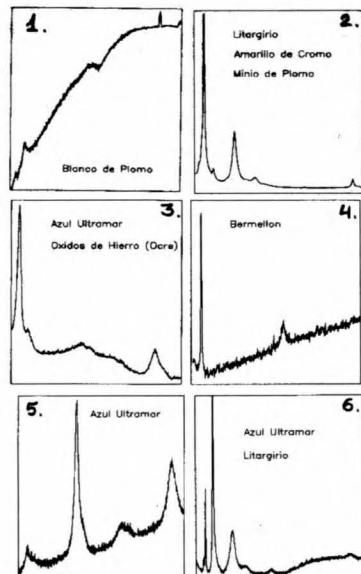


Figura 4.- Espectros Raman de los pigmentos identificados en el "Carlos IV".

las frecuencias) y un detector CCD de gran sensibilidad. Finalmente, la señal es enviada a un ordenador que compara el espectro Raman obtenido con los existentes en una base de datos que previamente hemos creado y, de esta forma, identifica de qué pigmentos se compone la zona analizada ya que, generalmente, no se encuentra un solo compuesto aislado sino la suma de varios.

Las ventajas principales que presenta frente a otros un sistema basado en la espectroscopía Raman son, principalmente, su carácter no des-



Figura 5.- "Elevación con confesionario al fondo".

tructivo, la elevada precisión y alta resolución espacial. La gran precisión a la hora de determinar el material es debida a que no sólo distingue la composición química, sino que además reconoce la estructura poliatómica que permite diferenciar substancias que teniendo idéntica composición química se diferencian en la cristalización. También hay que destacar la gran resolución espacial que se obtiene ya que es capaz de analizar partículas de dimensiones menores a la micra. A estas ventajas se suma otra de carácter práctico como es la posibilidad del análisis de la obra sin necesidad de desplazarla de su ubicación habitual, ya que se puede acceder a ella a través del guiazo de la luz mediante fibra óptica.

Los problemas principales que han surgido en el desarrollo de este sistema son, por un lado, el de la descomposición de los espectros en cada uno de los correspondientes a cada pigmento que compone la mezcla. Esto es así ya que el espectro de una mezcla es la suma de los espectros de las substancias que la componen y éstas pueden ser pigmentos diferentes mezclados además con otras substancias como impurezas o aglutinantes. Se han desarrollado métodos que se ocupan de separar los distintos componentes y caracterizar las proporciones en las que se hallan.

Por otro lado, como en cualquier sistema de adquisición de señal, aparecen distintos ruidos tales como el cósmico, el shot y el térmico. Aparece también el fenómeno conocido como fluorescencia, debido a la relajación de los electrones excitados con el rayo láser, que provocan una radiación cuyo espectro es de intensidad superior a la del espectro Raman. Afortunadamente, se ha podido minimizar sus efectos escogiendo la frecuencia adecuada, ya que este fenómeno no se presenta en todas las frecuencias. Además, aprovechando el hecho de que la excitación que produce la fluorescencia es posterior a la que produce el efecto Raman, aquella se puede evitar si se interrumpe a tiempo la adquisición de la señal.

Finalmente, cabe destacar el posible deterioro sufrido por los materiales debido a la incidencia del rayo láser, y los cambios que éste puede producir en

su estructura. Por ello, es necesario controlar la intensidad del rayo incidente para así conseguir reducir al máximo el deterioro de la misma. De todos modos, como ya se ha mencionado anteriormente, la zona analizada es del orden de una micra y, por tanto, estos posibles daños sólo se apreciarían con un microscopio.

Resultados experimentales

A continuación mostraremos algunos resultados obtenidos en el análisis de obras de arte para la identificación de sus pigmentos y lo que se deduce de los datos obtenidos. Los tres cuadros que aquí se presentan se han escogido por su posible relación con Francisco de Goya (1746-1828). Se trata de apoyar o rechazar, mediante la información objetiva de los materiales empleados, la posible autoría del pintor español del cual, el 30 de marzo este año, se celebra el 250 aniversario de su nacimiento.

El sistema completo para la identificación de materiales pictóricos consta básicamente de un láser monocromático de gran pureza, un espectroscopio de alta calidad y un detector CCD de gran sensibilidad.

La primera obra que vamos a comentar (fig. 3) representa un retrato ecuestre del rey Carlos IV de Borbón. Los análisis espectrales realizados (fig. 4) han demostrado que todos los pigmentos utilizados pudieron pertenecer a la paleta Goya. Estos resultados han ayudado a expertos de la Universidad Autónoma de Madrid a certificar la obra como el boceto desaparecido de «Carlos IV montado a caballo» cuyo original se encuentra el Museo del Prado.

El análisis de la obra conocida como «Elevación con confesionario al fondo» (fig. 5) muestra que, excepto uno, todos sus pigmentos podrían haber sido



Figura 6.- "Tauromaquia".

empleados por Goya. Pero, en la pintura verde que aparece en los pantalones del niño de la parte inferior del cuadro, se mezclaron azul ultramar y amarillo de cadmio. Este último pigmento proviene del metal cadmio, que fue descubierto en 1817, pero no fue hasta 1840 cuando se introdujo el amarillo de cadmio en el mundo artístico. Por tanto, resulta extraño pensar que hubiera sido asequible para Goya en esa época final de su vida ya que murió en 1828. Sin embargo sí corresponde el conjunto completo de pigmentos identificados a la paleta de Eugenio Lucas Velázquez (1817-1870). Se trata de uno de los mejores pintores continuistas de la escuela de Goya.

Finalmente, el examen de la "Tauromaquia" (fig. 6) nos ha permitido hasta el momento identificar nueve pigmentos y todos ellos se hallan entre los que utili-

zaba Goya. El estudio no se ha completado todavía ya que falta aún por determinar un único material localizado en el arbusto verde oscuro que aparece a la izquierda de la obra. Se trata de algún tipo de pigmentación azul

el cual, mezclado con el amarillo de cromo que hemos identificado, proporciona esa tonalidad verde. Hay que seguir investigando los espectros Raman obtenidos ya que, quizás, este décimo pigmento permite dilucidar si se

trata de una obra de Lucas o de Goya.

Conclusiones

La espectroscopía Raman se revela como la técnica más adecuada, frente a las existentes hoy en día, para la identificación de los materiales utilizados en

una obra de arte ya que, además de no ser destructiva, es una técnica que presenta una extraordinaria precisión y resolución espacial. El conocimiento de los pigmentos utilizados en una obra proporciona información acerca del autor y de su época y puede servir, por tanto, para determinar su autenticidad o falsedad.

Los resultados experimentales que hemos presentado constituyen un claro ejemplo de la utilidad de este tipo de espectroscopía. Se han aportado datos concluyentes que han contribuido a la certificación de una obra de Goya por parte de los expertos en Arte. Sin duda, éste es el resultado más trascendente, pero no es menos importante desde un punto de vista científico

haber llegado a determinar lo contrario en la segunda de las obras presentadas. Esto es así ya que no se trata de empeñarse en localizar una determinada autoría, sino en llegar a saber objetivamente quién era un autor desconocido y qué materiales empleó. Es en este último aspecto donde la espectroscopía Raman tiene mucho que ofrecer.

Agradecimientos

Nuestro más profundo agradecimiento a los Servicios Científico-Técnicos de la U.B., así como a Mongay S.A. por haberlos suministrado los pigmentos estándares imprescindibles para la creación de nuestra base de datos.

Referencias

Se sugiere, para una información exhaustiva sobre las investigaciones realizadas, consultar el trabajo publicado por los autores en el nº 265 (marzo, 96) de «Mundo Electrónico».



PENTIUM SUPERSCALAR PROGRAMMING

Daniel Esteban Fernandez

In 1993 Intel announced the Pentium processor. This new release of the 80x86 family has several major changes that makes it really much faster than the 486. Some features, such as a 64-bit bus, a 8K code cache and 8K data cache, and fewer clock cycles for some instructions (especially floating point) are transparent for the programmer, because we're not able to avoid or potentiate them. They are just there, we like it or not.

But there are many others features which are capable to improve, with our help, the processor's performance. Basically they are a dynamic branch prediction logic, a pipelined FPU and the aim of this article, a superscalar pipelined programming architecture, i.e. two integer pipelines able to execute some instructions in parallel.

Dual Integer Pipelines

Let's make some concepts clearer; superscalar means that the CPU can execute two or more instructions per cycle (being more precise, the Pentium can generate the results of two instructions in a single

Superscalar means that the CPU can execute two or more instructions per cycle.

clock cycle). A pipelined architecture refers to a CPU that executes each portion of an instruction in different stages. After a stage is completed, the following instruction begins executing this stage while the previous instructions moves to the second stage. The Pentium has two five-stage pipelines, named the U pipe and the V pipe. Here is a brief description of what happens during each pipeline stage:

PF: Prefetch.

Instructions are fetched from the cache or memory are stored in the prefetch queue.

D1: Instruction.

The instruction is decoded and broken into components parts, opcode and decode operands. If the instruction contains a prefix an extra cycle is required.

D2: Address Generation.

The effective address of the memory operand, if present, is calculated.

EX: Execute and Cache access.

The processor executes the instruction, including reading and storing results.

WB:Write Back .

Instruction is complete and the write buffer is filled with the data to be written in memory.

Most of the time instructions complete each of this stages in one cycle, except the EX stage. It would be very ambitious, and probably impossible, to pretend to execute any pair of instructions (just think what would

happen if the second instruction needs the outcome of the first one). For this and others reasons, Intel has made the U pipe fully capable of executing any (integer) instruction, but the V pipe can only execute simple instructions. If two simple instructions are next in the prefetch queue and several rules are met, then the CPU pairs them and begins execution of both at the same time. In fact, what we have called 'simple instructions' are the most used ones. Here we have a complete list of each simple instruction and all their formats:

Simple Instructions

MOV	reg,reg
MOV	reg,mem
MOV	reg,imm
MOV	mem,reg
MOV	mem,imm
alu	reg,reg
alu	reg,mem
alu	reg,imm
alu	mem,reg
alu	mem,imm
INC	reg
INC	mem
DEC	reg
DEC	mem
PUSH	reg
POP	reg
LEA	reg,mem
JMP	near
CALL	near
Jxx	near
(conditional/inconditional jump code)	
NOP	
shift	reg
shift	mem,1
shift	reg,imm
shift	mem,imm

DANIEL ESTEBAN FERNANDEZ is, at present, developing his PFC at the Universidad Politécnica de Cataluña (UPC).



RAMAS DE ESTUDIANTES DEL IEEE

Notes:

alu = add, adc, and, or, xor, sub, sbb, cmp, test
shift = sal, sar, shl, shr, rcl, rcr, rol, ror
mem = memory operand
imm = immediate operand

All memory-immediate (mem, imm) instructions are not pairable with a displacement in the memory operand
reg = register (but not a segment register)

Besides the requirement that both instructions must be simple, there are some other requirements. We do have to know them, if we want to use all the Pentium's resources:

1. As shown, both instructions must be simple.

2. ADC, SBB and shift/rotate instructions can only execute in the U pipe. This means that the second instruction must be executed in the V pipe, if we want them to pair (not a JMP/CALL/Jxx, as we'll see in the next rule).

3. JMP/CALL/Jxx can only execute in V pipe, so the second must be a U-pipe executable instruction (not a ADC or SBB or a shift/rotate instructions, as seen, or a prefixed instruction, as shown in 6).

4. Neither instruction can contain both a displacement and an immediate operand. This is a Pentium design limitation that must be based on the number of instructions components and operand bytes that the Pentium decoders can process in order to determine if two instructions are pairable.

5. Prefixed instructions can only execute in the U pipe. This is important when using segment overrides and when you are writing mixed 16-bit and 32-bit code. The REP/E/NE prefixes cannot be used on any simple instructions. LOCK is allowed, however.

6. The U pipe instructions must be only 1 byte in length or it will not pair until the second time it executes from the cache. This means that the only instructions that will pair on the first execution are INC/DEC reg, PUSH/POP reg and NOP(!). Don't get nervous, because worrying about optimizing code that only executes one time (per cache fill) is of little value.

7. There can be no read-after-write or write-after-write register dependencies between the instruction except for special cases for the flag register and the stack pointer. This is because each 32-bit register is an entity. Therefore, reading/writing in BL involves the entire EBX register. The flag register exception allows a CMP or TEST instruction to be paired with a Jxx even though CMP/TEST writes the flags and Jxx reads the flags. The stack pointer exception allows two PUSHes or two POPs to be paired even though they both read and write to the SP (or ESP) register. This brings up an optimization: you should use CMP or TEST (if possible) to set the flags, because this instruction only writes to the flags register (so it's better TESTAX,AX than OR AX,AX for pairing reasons. CMP is one byte longer). Let's see some examples:

pairing:

write-after-read

MOV CX,BX
INC BX

read-after-read

MOV CX,BX
ADD AX,BX

not pairing (must be avoided):

read-after-write

MOV BH,1
ADD CL,BL

write-after-write

MOV EBX,1
ADD BX,AX

Branch Prediction Logic

If the execution unit is pipelined, it is obvious that the prefetcher queue treats branches more ineffectively, because when the branch instruction is reached the processor has to stall and flush the conveyor. This was solved by Pentium's

designers implementing a branch prediction logic. It keeps track of the last 256 branches in the Branch Target Buffer (BTB) and tries to predict the destination for each call/jmp. If the prediction is correct, then the number of cycles taken to execute are considerably reduced.

The branch prediction takes place in the second stage, and after predicting whether a branch will be taken or not, a second new prefetch queue (Pentium has two) begins fetching instructions. If the prediction is incorrect both queues are flushed and prefetching is restarted.

Cycle Times Optimizing

You probably think that your old 8086 source code will run automatically faster in your new Pentium. Well, yes and no. Of course it will, but you can surprise yourself if the speed increase is not as much as you expected. Instruction combination or just the use of some instructions instead of other ones that were the fastest in the past may not be as fast as other combinations on the Pentium. Here is a list of the most significant changes of the cycle times from the 386 to Pentium:

Cycle Time Changes

	386	486	Pentium
ADD reg, reg	2	1	1
ADD mem,reg	2	1	1
INC/DEC reg	2	1	1
INC/DEC mem	2	1	1
MOV reg,reg	2	1	1
MOV mem,reg	2	1	1
MUL	9-41	13-42	10-11
NOP	3	3	3
POP/PUSH reg	4/2	1	1
POPA	24	9	5
PUSHA	18	11	5
RET	11	5	2
JMP near	8/9	3/5	1
CALL near	8	3	1
LOOP	13	6/9	7/8
REP MOVS	4	3	1
REP STOS	5	4	1
FADD	23-72	8-32	1-3
FMUL	28-82	11-16	1-3
FCOS,	23-772	257-354	16-126
FSIN			
FDIV	88-128	73-89	39

Address Generation Interlock (AGI)

There are conditions that can cause an instruction to take more than one cycle for any stage. Let's see it with an example:

```
MOV ECX,1  
LEA BX, MY_ARRAY  
MOV DX,[BX]  
ADD DX,CX
```

If the processor pairs instructions 2 and 3, it would need the address for the 3rd instruction (which would must be $DS*16 + BX$), but this address would be incorrect, because the BX register is being updated by the previous instruction. Pentium detects this and generates an AGI (Address Generation Interlock). An AGI is generated if a register is used as a component of an effective address and is also the destination register of an instruction in the previous cycle. This can occur for two reasons: when a register that is updated is used in an effective address calculation in the next cycle (as we have seen) or when an instruction in one cycle changes ESP and the next instruction relies on ESP. However, if both instructions use ESP implicitly, such as PUSH or POP, there is no AGI.

Of course, AGIs must be avoided because they generate an extra delay time. Usually, this is not a difficult task, just incorporate another instruction between them (if possible).

Floating-Point Pipeline

We'll finish describing the FPU pipeline on the Pentium. The FPU has eight stages, the first five of which are shared with the integer unit. The other stages are, briefly, after the EX one:

X1: FP Execute stage one.
Conversion of FP data to internal data format.

X2: FP Execute stage two.

WF: Perform rounding and write FP results to a register file.

ER: Error reporting. Status word update.

Floating-point instructions cannot be paired with integer instructions, but can be executed in parallel because the integer unit and the FPU are separate; moreover, some FPU instructions can be paired together, if the U pipe instruction is a simple FPU instruction and the V pipe instruction is a FXCH. The simple FPU instructions are :

Pentium Pro systems will run existing 16-bit applications slower than a high-end Pentium machine .

Simple FPU instructions.

FABS (absolute value),
ADD (add),
ADDP (add and pop),
ACHS (change sign),
FCOM (compare real),
COMP (compare real and pop),
FDIV (divide),
FDIVP (divide and pop),
FDIVR (reverse divide),
FDIVRP (reverse divide and pop),
FLD (load real, single or double or st(i)),
FMUL (multiply),
FMULP (multiply and pop),
FSUB (subtract),
FSUBP (subtract and pop),
FSUBR (reverse subtract),
FSUBRP (reverse subtract and pop),
FTST (test),
FUCOM (unordered compare real),
FUCOMP (unordered compare real and pop),
FUCOMPP (unordered compare real and pop twice).

Pentium PRO : The Next Generation

With this processor, Intel has implemented a superscalar and super-pipelined design, out-of-order execution, register renaming, advanced branch prediction, and speculative execution. Intel condenses these features in a single marketing term: dynamic execution, that refers to the processor's ability to optimize program execution by predicting program flow, choosing the best ordering of instruction execution.

Initially the Pentium Pro CPU, with 5.5 million transistors, will be fabricated on the same 0.6-micron BiCMOS process used to build most Pentiums. In a near future, Intel will move to a 0.35-micron process. The chip contains two chips in a single package: the CPU proper - with 64 bits data bus, 36 bits address bus, 8K data cache and 8K first level code cache (L1) - and either 256K (15.5 millions of transistors) or 512K (31 millions of transistors) of second level (L2) non-blocking high-speed cache memory, all running at clock speeds of 133, 150, 180 and 200 MHz.

The processor's design was optimized from the start for 32-bit applications, and as a result early Pentium Pro systems will run existing 16-bit applications slower than a high-end Pentium machine. With these reasons in the mind, if the Pentium's code optimization was important, now becomes essential. The Pentium Pro achieves high clock speed by virtue of a technique called super-pipelining, that extends the basic pipelining concept that was first introduced. Pipelined microprocessors execute instructions in an «assembly-line» fashion: each instruction takes multiple clock cycles to process in full, but by breaking the processing into multiple stages and beginning to process the next instruction as soon as the previous instruction completes



the first stage, a series of completed instructions can be produced rapidly.

Superpipelining divides the standard pipeline stages further; with more stages, each individual stage does less work and thereby needs less associated hardware logic.

Reducing the complexity of the logic reduces propagation delay, so faster clock speeds are possible. There is also a serious downside: instructions that force the Pentium Pro to flush its pipelines, which include mispredicted branches and operations such as segment-register loads can dramatically reduce performance.

Super-Pipeline

We found now 14 stages divided into three sections: the in-order front end, responsible for decoding and issuing instructions, comprises 8 stages. The out-of-order core, which actually executes the instructions, has 3 stages. And the in-order retirement pipeline has 3 stages. All these sections operate somewhat independently. We had seen that the Pentium had two pipelines, but there were severe restrictions on the conditions in which two instructions could be issued simultaneously. The Pentium Pro goes beyond with its three-issue superscalar model.

The process begins when the Pentium Pro reads 64 bytes of code (two cache lines) from its L1 instruction cache as directed by the branch target buffer (BTB). The instruction-fetch unit looks at the current instruction pointer to locate the first x86 instruction and then takes the 16 bytes beginning with that location, aligns them, and passes them to three parallel decoders.

One may think: Why fetch 64 bytes when only 16 are used? Because the instruction cache is organized in 32-byte lines, and a line is the smallest unit of information that the processor can fetch from the cache. If the needed instruction appears near the end of the first cache line, the second cache line provides the remaining bytes necessary to fill the 16-byte buffer without delay.

The decoders proceed with the conversion of the x86 instructions into micro-ops. The Pentium Pro contains three decoders that operate in parallel, two of them «simple» and the other «complex». The simple decoders can handle x86 instructions that translate into a single micro-op. The complex decoder handles

instructions that translate into from one to four micro-ops. Some particularly complex instructions cannot be directly decoded even by the complex decoder and are passed off to a microcode instruction sequencer (MIS), which generates as many micro-ops as necessary.

After the instructions are decoded and converted into micro-ops, the seventh pipeline stage sends them to the register alias table (RAT) for register renaming. Register renaming helps mitigate false dependencies that can sap performance in an out-of-order execution model. For instance, two instructions may need to write values to the same register; without register renaming, they could not be executed out of order, because the later instruction could not be processed until the earlier instruction was completed.

The Pentium Pro has 40 physical registers; in essence, the processor clones the limited number of real, architectural registers and keeps track of which clones contain the most current values. This prevents delays that false dependencies would otherwise impose because of conflicting demands for a register.

Execution out-of-order

After register renaming is complete, the micro-ops are sent to a structure called the reorder buffer (ROB) and also queued up in a special instruction buffer called a reservation station, which is located between the decode and execute stages. Acting much like a reservoir, the reservation station holds a handful of decoded instructions so that the execution units can keep busy even if the decoders stall. Essentially, the processor is freed from having to execute every instruction in serial order; it can instead evaluate multiple pending micro-ops and determine which are best suited for execution at a given time.

Although this implies that operations aren't completed strictly in the order a programmer intended, this isn't actually the case: out-of-order results are calculated and stored in temporary buffers on the chip and are always written to architectural registers and system memory in program order.

This is where the retirement stages of the pipeline come into the picture. The ROB retains execution status and results of each micro-op.

A micro-op is retired and the results are written to architectural registers and memory only when preceding micro-ops are known to have been completed.

We haven't still spoken about a great deal of things Pentium Pro incorporates: a sophisticated branch-prediction, floating-point improvements, speculative execution, etc. But, from a programmer's point of view, this is enough. Let's try to summarize:

- Avoid reading a large register (such as EAX) after writing a smaller version of the same register (such as AL), or this will cause the processor to stall the issuing of instructions that reference the full register and all subsequent instructions until after the partial write has retired, which can noticeably reduce performance.

- Avoid self-modify code. Code that alters itself can cause the Pentium Pro to flush the processor's pipelines and can invalidate codes resident in caches.

- Avoid branches wherever possible, exploiting the Pentium Pro return stack using a RET rather than a JMP at the end of a subroutine.

- Align data properly. This optimization will benefit any processor.

That's all. From a programmer's perspective, not much has changed from the Pentium to the Pentium Pro. It has no new general-purpose registers and only one significant new instruction: CMOV, or conditional move, allowing a compiler to minimize the number of performance sapping branch instructions.

Further Reading

IGOR CHEBOTKO, PETER KALATCHIN, YURI KISELEV & OTHERS: *Master Class Assembly language*, Ed. Wrox, 1995

MICHAEL ABRASH: *Zen of Code Optimization*, Ed. AP Professional, 1995

MICHAEL L. SCHMIT: *Pentium Processor Optimization Tools*, Ed. AP Professional, 1995



INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES MÓVILES GLOBALES POR SATÉLITE

Luis Miguel Contreras Murillo

Después de más de un cuarto de siglo de operación y desarrollo de las comunicaciones por satélite, su aplicación a comunicaciones móviles ha empezado a florecer desde hace relativamente poco tiempo. El potencial inherente de los satélites para comunicaciones móviles, así como para la radiodifusión, fue relegado a un papel secundario por las aplicaciones punto a punto desde un primer momento. Con el interés centrado en satisfacer las necesidades de los usuarios de servicios punto a punto, la potencialidad de los satélites no fue explotada hasta que la fibra óptica limitó sus aplicaciones punto a punto.

En las primeras aplicaciones de sistemas de comunicaciones móviles por satélite (Mobile Satellite Communications -MSC-), la combinación de un alto coste y de un equipamiento excesivamente grande ha mantenido a los sistemas MSC basados en estaciones espaciales (los propios satélites) en un segundo plano dentro del mercado de las comunicaciones móviles personales. Durante todo este tiempo, los sistemas de comunicaciones

móviles han sido sistemas basados en estaciones terrenas.

Las comunicaciones por satélite se han caracterizado durante la última década por la evolución desde servicios orientados a red a servicios orientados a usuarios. La clave para la penetración de estos sistemas radica en la reducción tanto del tamaño como del coste del terminal de usuario, de las tarifas de servicio, y de su interconexión con los sistemas terrestres. Las actuales pretensiones residen en implementar una red global capaz de proveer un acceso inalámbrico a los usuarios dondequiera que se encuentren, usando un direccionamiento personal de carácter universal; es decir, satisfacer cada una de las necesidades de las comunicaciones móviles en diferentes escenarios de tráfico (urbanos, rurales, etc.). La idea es recoger, en un único estándar, las diferentes tecnologías (sistemas celulares, inalámbricos, satélite, etc.).

La alta flexibilidad de los sistemas por satélite permitirá adaptar su capacidad a las condiciones de alta variabilidad de tráfico de los sistemas móviles.

miniaturización de componentes, ha tenido como resultado la viabilidad de una nueva generación de sistemas móviles, donde la comunicación tiene como base los propios satélites.

Con estos sistemas, existe una capacidad de proveer cobertura global (con ángulos de elevación sobre el horizonte aceptables incluso desde regiones polares) con diversidad de usuarios (voz, imágenes y datos) tanto en tierra como en el mar o en el aire (servicio móvil terrestre, marítimo y aeronáutico), siempre desde terminales de usuario portátiles. Además, estos sistemas pueden pro-

porcionar servicio en zonas escasamente pobladas o en zonas donde la implementación de una red móvil terrestre sería irrealizable (como en los océanos) o demasiado cara, reconociendo de este modo la importancia fundamental que el componente satélite tiene como complemento del segmento terrestre. La alta flexibilidad de los sistemas por satélite permitirá adaptar su capacidad a las condiciones de alta variabilidad de tráfico de los sistemas móviles. La posibilidad de proporcionar servicios de posiciona-

LUIS MIGUEL CONTRERAS MURILLO es estudiante de sexto curso en la E.T.S.I. de Telecomunicación de Madrid (UPM). Actualmente realiza su proyecto en el Departamento de Señales, Sistemas y Radiocomunicación.

DESCRIPCIÓN GENERAL

El desarrollo llevado a cabo en los últimos años en áreas como el procesamiento digital de la voz, la tecnología de satélites y la



miento, navegación y emergencia hace más atractivo aún el servicio integrado.

Para alcanzar estos objetivos han sido consideradas diferentes configuraciones orbitales, concretamente constelaciones de varios satélites en órbita media (Medium Earth Orbit -MEO- siendo la altitud a la que se encuentra el satélite H>5000 Km) o en órbita baja (Low Earth Orbit -LEO- con 500<H<1000 Km), sobre órbita circular inclinada o polar.

El empleo de órbitas no geostacionarias ofrece ventajas frente a la ya conocida órbita geostacionaria para la provisión del servicio móvil. A continuación se enumeran:

1) Una importante objeción hacia los sistemas de órbita geostacionaria (Geostationary Earth Orbit -GEO-) es su retardo de propagación, inevitable debido a su gran distancia y a la velocidad finita de la luz. La altitud de la órbita geostacionaria es de 35.786 Km. El retardo que implica un trayecto desde la estación terrena hasta el satélite y de nuevo a una estación terrena, está comprendido entre 240 y

270 ms. En una conexión internacional típica, el retardo de ida y vuelta puede situarse entorno a 0.6 s. Su efecto en una conversación puede ser la distracción en el mejor de los casos, mientras que en el peor puede hacerla imposible si se ve agravada por el eco al final de la línea. El eco puede ser controlado con circuitos de cancelación, si bien

su uso está lejos de ser generalizado. Para transmisiones digitales, el retardo inhibe el empleo de protocolos correctores de errores, que requieren detección del error y retransmisión selectiva de las tramas en fallo [Pri-93], [Wu-94]. Podemos considerar además los retardos de procesamiento asociados con vocoders. Así, para 4.8 Kbps de voz digitalizada es del orden de 60 a 80 ms. Por otro lado, las celdas TDMA pueden introducir de 20 a 90 ms de retardo [Rus-93].

En países desarrollados, un porcentaje relativamente grande (cerca del 40%) de los enlaces de comunicaciones serán de usuario de servicio móvil a usuario de servicio móvil. En regiones como Asia todavía la densidad de líneas telefónicas está por debajo de las 4 por cada 100 habitantes frente a las 33 por cada 100 habitantes de Europa.

En estos casos será necesario muy probablemente un doble salto a través del satélite o una comutación de circuitos en el propio satélite, incrementando, por consiguiente, los retardos de propagación por encima de un valor aceptable, que es aquel que se sitúa alrededor de 500 ms (en determinadas circunstancias pueden alcanzarse hasta 820

ms de retardo con sistemas GEO [Bec-94]).

Sin embargo, el retardo en sistemas LEO y MEO es mucho menor, y con unos efectos menos graves. Así, para satélites LEO el retardo de propagación se encuentra entre 5 y 10 ms, mientras que para satélites MEO está entre 70 y 80 ms. Con la utilización de satélites a altitudes más bajas es más fácil satisfacer el enlace, incluso con

terminales portátiles (alrededor de 350 gr) de baja potencia, así como reducir los retardos de propagación y el tamaño de las células [Rus-93].

2) Con sistemas LEO y MEO es posible la cobertura global, en concreto la cobertura de las regiones polares, con ángulos de elevación aceptables (hay que notar que el usuario debe tener visión del satélite con un ángulo de elevación mayor de 15° para tener un enlace fiable [Del-95]).

Los sistemas GEO se caracterizan por la ausencia de cobertura de las latitudes más al norte y más al sur. Un satélite geostacionario se encuentra por debajo del horizonte para latitudes mayores de 81°. Debido a las anomalías de propagación próximas al horizonte, incluso estaciones fijas con grandes antenas a menudo tienen dificultades trabajando con ángulos cercanos a 5°. El límite práctico de trabajo puede, por tanto, establecerse en 75°.

1 Algunos autores ([Ana-95], [Wu-94]) agrupan estas configuraciones de forma diferente. Así, hablan de grandes LEO y pequeñas LEO (Big-LEO's y Little-LEO's en la literatura). Las grandes LEO se caracterizan por una gran capacidad, permitiendo la transmisión de voz. Reciben la denominación de "grande" debido a que los satélites deben tener suficiente potencia y ancho de banda para proporcionar calidad suficiente al servicio de voz en terminales portátiles, y deben, además, proveer otros servicios, tales como transmisión de datos, facsímil y radiodeterminación. A pesar de ser designados como LEO, los sistemas agrupados en esta categoría incluyen sistemas MEO.

Los pequeños LEO son denominados de esta manera debido a que sus satélites deben ser pequeños en tamaño y ligeros en masa, proporcionando servicios que requieren bajo ritmo binario (del orden de 1 Kbps).

Sistema	Altura de la órbita (km)	Inclinación	Periodo	Número de planos orbitales	Número de satélites por plano	Número total de satélites
GONETS	1.390	83°	113.56'	6	6	36
LEOSAT	970	40°	104.47'	3	6	18
ORBCOM	970	50° / 90°	104.47'	3 / 2	8 / 1	24 / 2
SAFIR	690	98.04°	100'	1	6	6
STARSYS	1.300	60°	111.59'	4	6	24
TAOS	1.208	57°	109.59'	5	1	5
TEMISAT	950	82.5°	110'	1	2	2
VITASAT	800	98.7427°	101.07'	1	2	2
ARIES	1.018	90°	105.5'	4	12	48
TELEDESI	700	98.2°	98.77'	21	40	840
GLOBALS	1.389	47°/52°	113.53'	8 / 8	3 / 6	24 / 48
IRIDIUM	780	86.4°	100.13'	6	11	66
ODYSSEY	10.373	55°	359.53'	3	4	12
MAGSS-14	10.354	53.98°	-	7	2	14

Las antenas omnidireccionales usadas en terminales móviles necesitan, para que el enlace sea fiable, ángulos de elevación del orden de 20° a 30°. Puede argumentarse que las latitudes por encima de 80°, al ser poco pobladas, no son importantes. Sin embargo, latitudes alrededor de 60° (el rango donde los ángulos de elevación no cumplirían el criterio más restrictivo para las antenas omnidireccionales) incluye gran parte de Europa [Pri-93]. Un efecto más serio es el producido por los edificios en las zonas urbanas. [Wu-94] sugiere que para un servicio consistente son deseables ángulos mayores de 40°. Esta elevación no puede obtenerse desde latitudes por encima de los 45°. Muchas grandes ciudades europeas como París, Londres, Berlín o Moscú están al norte de esta latitud. Por el contrario, altos ángulos de elevación pueden obtenerse fácilmente para sistemas LEO y MEO con órbita inclinada o polar.

3) Con sistemas LEO y MEO puede hacerse uso de la diversidad, ya que en estos casos hay visibilidad simultánea de diferentes satélites (típicamente 3 o 4 [Bec-94]), lo que posibilita emplear técnicas de diversidad y vencer los problemas de ocultamiento, entre otros.

4) Los satélites de sistemas LEO y MEO son más pequeños y livianos que los satélites GEO. Dentro de estos pequeños satélites se definen los micro-satélites, con una masa entre 50 y 100 Kg, y los mini-satélites, con una masa que oscila entre los 500 y los 750 Kg (estos límites son meramente indicativos). Bajo ciertas circunstancias, la inversión total en varios satélites pequeños de propósito no general en vez de un satélite grande de propósito general puede resultar sustancialmente

menor, al mismo tiempo que se reducen los riesgos de fallos en el lanzamiento, afectando solamente a una parte de la misión en lugar de afectar a la misión entera. Por último, es posible implementar múltiples lanzamientos con un coste sustancialmente bajo debido a la economía de escala.

Conforme se incrementa la altitud orbital, se incrementan los costes de la situación del satélite en órbita. La masa disponible en la órbita operativa final será reducida, debido al combustible consumido en situar al satélite en dicha órbita. El combustible empleado depende exponencialmente de los incrementos de velocidad necesarios

para cada cambio orbital, el impulso específico del combustible, y de un conjunto de detalles menores referidos al diseño del vehículo y a



la misión de lanzamiento. Hay que notar que tipicamente solo una pequeña fracción de la masa se transfiere a la órbita operativa. Por tanto, la penalización en coste conforme se incremente la altitud de la órbita es sustancial, aunque se requiera menor número de satélites, ya que serán más grandes y con mayor potencia.

Por otro lado, la potencia a transmitir y el tamaño de la antena son función de la altitud, y ambos tienen un efecto inmediato sobre la masa del satélite, a través del tamaño de los paneles solares para proporcionar la potencia, de la masa del transmisor, de la masa de la antena, y del control necesario para mantenerla apuntada. Es evidente que la estructura del satélite se incrementa con el incremento de la masa de estos subsistemas [Ana-95] [Pri-93].

EXPECTATIVAS COMERCIALES

[Ana-95], [UIT-95], [Zaf-94]

Desde el punto de vista comercial, los servicios móviles por satélite (telefonía, mensajería, buscapersonas, transmisión de datos e imágenes, fax, etc.) son extremadamente atractivos, llegando a suponer un sector significativo dentro del mercado, al menos donde la cobertura de los actuales sistemas celulares es pobre, aumentando de este modo la cobertura celular. Este mercado está creciendo enormemente. Las estimaciones de 1982 indicaban una presencia de no más de 900.000 usuarios en EE.UU. hacia el año 2000. Sin embargo, los teléfonos celulares en todo el mundo eran 7.800.000 en Abril de 1990, llegando a más de 15.800.000 en Mayo de 1992, y más de 25.000.000 en Julio de 1993. Sólo en Europa había 6.000.000 de usuarios en Febrero de 1993, y casi 7.500.000 a

finales de ese año, a pesar de que cada nación poseía un estándar (analógico) individual, con lo que, en general, no era posible un uso a

nivel europeo. Este hecho cambia con la introducción del sistema GSM, que contaba con 1.100.000 usuarios a finales de 1993, y que tiene como expectativas alcanzar más de 8.000.000 en 1996 y 20.000.000 en el año 2000 (aproximadamente entre el 2% y el 5% de la población respectivamente). Se estima que Europa representará el 25-35% del mercado total, que los países de la NAFTA (EE.UU., Canadá y México) representarán el 50%, y que el restante 15-25% se concentrará en el área del Pacífico y en parte de Latinoamérica.

Así, más de 100.000.000 de personas en el mundo harán uso de servicios de comunicaciones personales (Personal Communications Services -PCS-) en el año 2000, de las cuales una porción razonable podría hacer uso de las comunicaciones por satélite, considerando su cobertura global y el uso de terminales portátiles. Además podrían contar con un bajo coste con terminal de usuario, con interconectividad con la red pública telefónica comutada y con otras redes celulares, y con la capacidad de conexiones directas usuario-usuario.

Se piensa, por tanto, que para el año 2000 habrá entre 3 y 5 millones de usuarios de comunicaciones por satélite, mientras que se situará entre 12 y 15 millones en el año 2008. En el año 2005, las comunicaciones por satélite representarán un negocio de unos 50.000 millones de dólares (alrededor de 6.5 billones de pesetas). Participarán en este negocio los fabricantes de satélites y lanzadores, las agencias encargadas de su seguimiento, las aseguradoras de equipos, las compañías de material de telecomunicaciones, etc. Sólo en la Unión

Europea generará un mercado de 39.000 millones de dólares (507.000 millones de pesetas) en el año 2010.

Por último, resta señalar que la UIT calcula que el coste de llamada a través de una red de comunicaciones personales vía satélite puede estar en los 2-3 dólares (260-390 pesetas) por minuto, siempre y cuando no tenga que pasar por una red fija y se establezca entre dos abonados al sistema de satélites.

En el año 2005, las comunicaciones por satélite representarán un negocio de unos 50.000 millones de dólares

BIBLIOGRAFIA

[Ana-95] F. ANANASSO, F. DELLI PRISCOLI. "The role of satellites in personal communications services". IEEE J. on Sel. Areas in Comm., vol. 13, No. 2, pp. 180-195, Febrero 1995.

[Bec-94] A. BECERRA, F.J. GAVILÁN, I. BERBERANA. "Integración de satélites en la red UMTS: proyecto SAINT". IV Jornadas Telecom I+D, Madrid, 1994.

[Del-95] E. DEL RE, R. FANTACCI, G. GIAMBENE. "Efficient dynamic channel allocation techniques with handover queuing for mobile satellite networks". IEEE J. on Sel. Areas in Comm., vol. 13, No. 2, pp. 397-404, Febrero 1995.

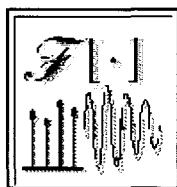
[Pri-93] W. L. PRITCHARD. "Geostationary versus non geostationary orbits". Space Communications, No. 11, pp. 205-215, 1993

[Rus-93] R.J. RUSCH. "Odyssey, an optimized personal communications satellite system". Space Communications, No. 11, pp. 275-286, 1993.

[UIT-95] "El crecimiento de las telecomunicaciones mundiales se acelera en 1994". UIT/95-24, 2 de Octubre de 1995.

[Wu-94] W.W. WU, E.F. MILLER, W.L. PRITCHARD, R.L. PICKHOLTZ. "Mobile satellite communications". Proc. of IEEE, vol. 82, No. 9, pp. 1431-1448, Sept. 1994.

[Zaf-94] J.M. ZAFRA. "Las comunicaciones móviles globales pugnan con el cable por el mercado multimedia". Diario El País, suplemento Negocios, pp. 3-4, 6/XI/94.



LA RADIODIFUSIÓN DIGITAL Y EL OFDM

Juan Darío Capillas Diosdado

Leste artículo pretende dar, primero, una visión del mundo de la TV digital desde el punto de vista de la radiodifusión y después, explicar las bases de la modulación OFDM que parece que va a ser la escogida para la HDTV. OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing).

Introducción

A lo largo de estos últimos cincuenta años hemos sido testigos de una serie de revoluciones en el mundo de la telecomunicación. Primero fue la utilización del multiplexado en frecuencia , después la introducción de la TV en color y ahora se avecina un salto desde las modulaciones analógicas a las digitales. Dicho paso se dará casi con toda seguridad con mucha cautela debido al profundo cambio que se deberá hacer en todo el parque de receptores de audio (radio digital) y de televisión . El objetivo de este "salto a lo digital" es aprovechar las ventajas de las modulaciones digitales y también llegar a un estado de "todo digital" , desde la fuente hasta el destino. Modulaciones digitales hay muchas pero en cuanto a métodos de multiplexado , básicamente se está hablando de dos :por un lado

el CDMA y por el otro el OFDM (o COFDM si existe codificación) . Nos vamos a centrar principalmente en el OFDM.

Tanto en Europa como en Estados Unidos se está estudiando mucho el tema de radiodifusión digital tanto por satélite como por vía terrenal. Sobretodo , en el marco de la radiodifusión terrenal , el COFDM parece ser

2.-El proyecto DIAMOND (Digital Scalable Modulation for New Broadcasting) : desarrollado en los laboratorios de electrónica de Thomson-CSF en Rennes en octubre de 1992 en Francia.

3.-El proyecto STERNE (Système de Télévision en Radiodiffusion numérique) : desarrollado también en Francia por France Télécom en el año 1992.

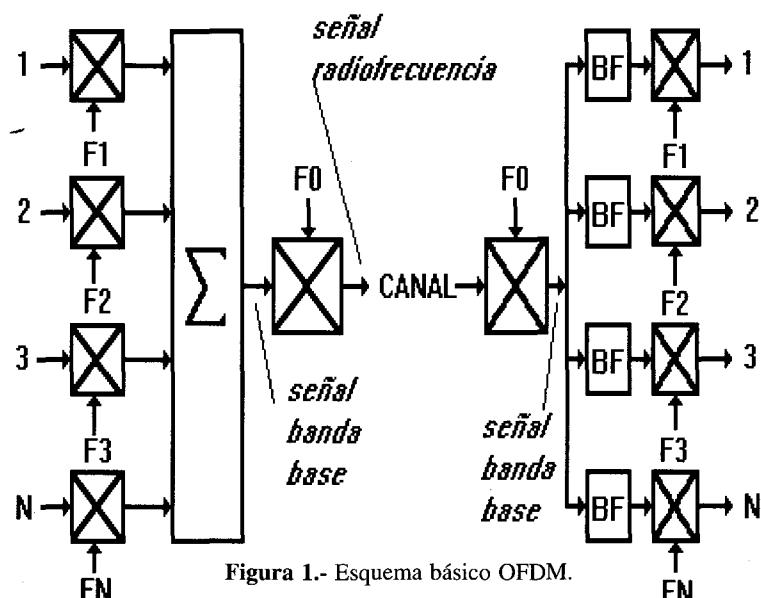


Figura 1.- Esquema básico OFDM.

una constante en todos los proyectos existentes . Además del exitoso proyecto europeo EUREKA DAB 147 para audio, al menos otros cuatro proyectos usan la misma modulación en cuestión, el OFDM.

1.-El proyecto SPECTRE (Special Purpose Extra Channels for Terrestrial Radiocommunication Enhancements) : desarrollado en el Reino Unido desde 1990 hasta 1992.

4.-El proyecto HD-DIVINE (sistema para HDTV vía terrenal) : desarrollado por un consorcio entre empresas nórdicas de Suecia, Dinamarca y Noruega en los inicios de 1992.

Además de estos proyectos , se ha hablado mucho del OFDM en todos los círculos de telecomunicación en general , como en la última conferencia internacional de telecomunicaciones GLOBECOM'95 hecha en

JUAN DARÍO CAPILLAS DIOSDADO es proyectista en la ETSETB bajo la dirección del profesor Delgado-Penín. Realizó un proyecto consistente en la simulación de un sistema COFDM con la ayuda del paquete de simulación TOPSIM IV.



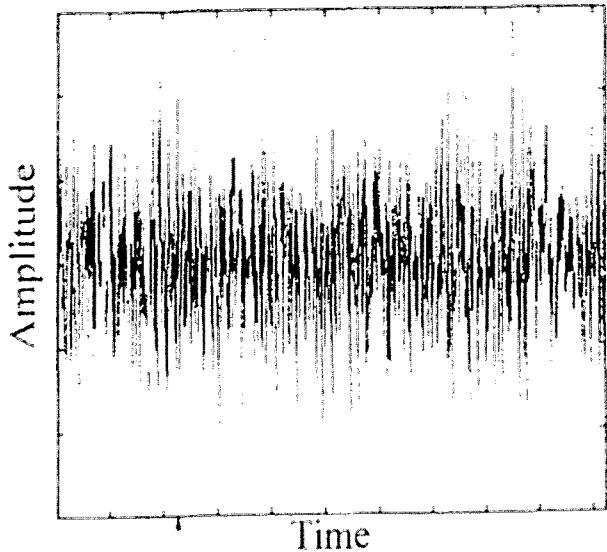


Figura 2.- Señal OFDM en el dominio temporal

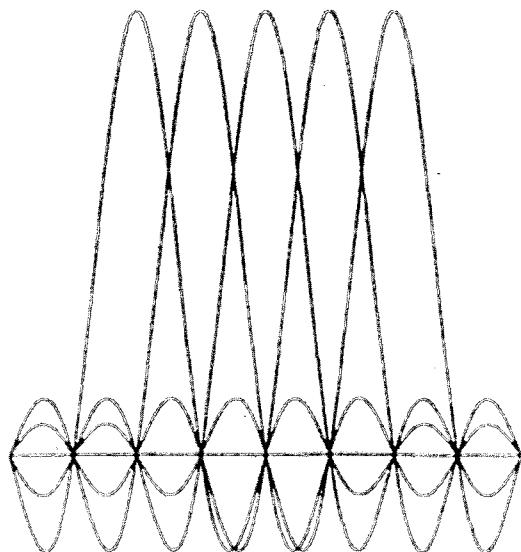


Figura 3.- Espectro de señal OFDM

Singapur a finales del año pasado.

Después de esta breve presentación de la situación actual nos disponemos a ver lo que es en particular el OFDM.

El sistema OFDM

El OFDM nació de la idea de subdividir un flujo importante de información (símbolos), en varios de menor velocidad y cada uno de los cuales, modula una subportadora. Los primeros documentos que se pueden encontrar sobre el tema, datan de 1967,

época en la cual el mundo digital estaba relativamente evolucionando en cuanto a teoría, pero en su infancia en tecnología.

Al principio, la generación de la señal se realizaba mediante un banco de multiplicadores en serie; es decir que a partir de un flujo de símbolos, que se convierten de serie a paralelo de N, se multiplicaba cada uno de dichos N subflujos por una portadora diferente. Después de la multiplicación en cadena, se sumaban las N señales resultantes para obtener la señal en banda base. Las portadoras no podían ser cuales-

quieras, sino que habían de ser ortogonales, (como el nombre de la modulación requiere) con una separación de frecuencia $\Delta f=1/T_s$, siendo T_s el tiempo de símbolo del flujo general de entrada (antes de la conversión serie a paralelo). De esta manera tenemos N portadoras equiespaciadas y cada una de las cuales lleva información de un subflujo. La señal banda base conseguida se desplazaba a continuación en frecuencia antes de mandarla al canal para colocarla en la banda deseada. Por consiguiente se puede decir que la señal OFDM se compone de una serie de subportadoras, cada una de las cuales tiene una frecuencia $F_i=f_0+i/T_s$, siendo f_0 la frecuencia central donde se ubica la señal en transmisión (ver figura 1).

Además, si insertamos un intervalo de guarda después de cada símbolo OFDM, cuya duración excede la duración de la respuesta impulsional del canal, suprimimos teóricamente la totalidad de las distorsiones introducidas por el canal (que suele tener eco). El intervalo de guarda introducido suele durar menos de la cuarta parte de un símbolo OFDM, es decir $\Delta T=N \cdot T_s/4$ como máximo para que no haya demasiada pérdida de velocidad y sin embargo el resultado sea beneficioso.

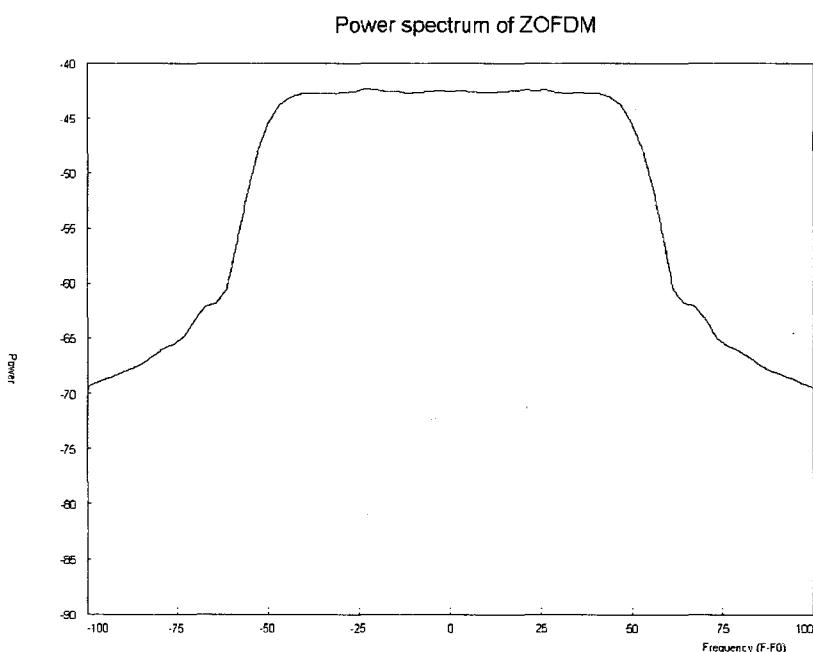


Figura 4.- Espectro de la señal OFDM.

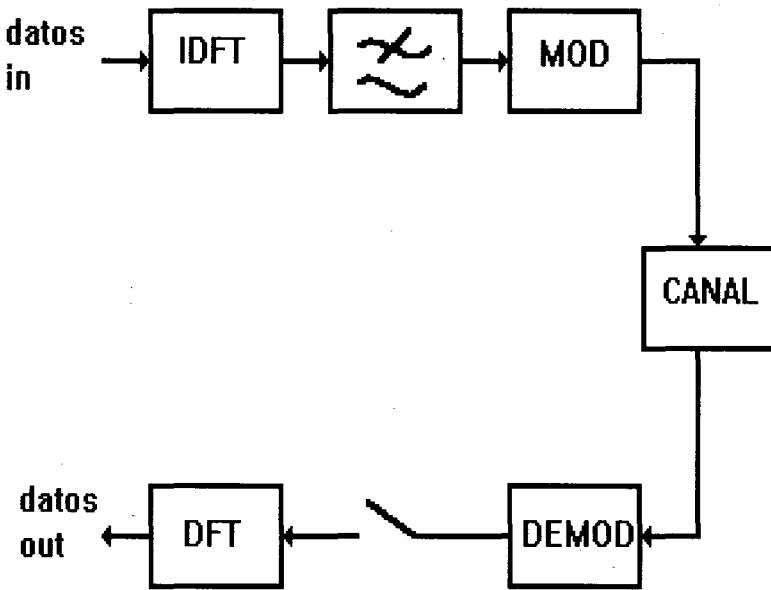


Figura 5.- Diagrama de bloques de un sistema OFDM con DFT

En recepción se realizaba el proceso inverso bajando a banda base la señal recibida y filtrando cada subportadora que al fin se extrae obteniendo así la secuencia introducida.

La señal OFDM generada tiene un aspecto en tiempo muy similar al del ruido y en frecuencia no es más que una suma de N sines equiespaciadas que resulta tener una forma cuadrada (ver figuras 2 , 3 y 4).

Sin embargo en aquella época de nacimiento del sistema OFDM, resultaba muy costoso y ciertamente complicado debido a la necesidad de N mezcladores en el transmisor, un banco de N filtros y otros N mezcladores en el receptor . Por estas razones no convenció hace treinta años.

El avance de "lo digital" proporcionó rápidamente soluciones a los problemas, primero conceptualmente en la manera de generar la señal OFDM y luego téc-

nicamente con la indudable mejora de las herramientas de procesado digital (en velocidad , fiabilidad y capacidad de almacenamiento).

Generación de la señal por medio de la Transformada Discreta de Fourier (DFT)

Otro método considerablemente más simple es el que usa la DFT. La diferencia con el sistema anterior radica en el cambio de los N mezcladores por un bloque que realiza la IDFT de N puntos y en recepción el cambio del banco de filtros y de los otros N mezcladores por un bloque que realiza la DFT de N puntos (ver figura 5).

La señal OFDM se puede escribir de la manera siguiente :

$$s(t) = \operatorname{Re} \left\{ \sum_{n=-\infty}^{+\infty} b(n) f(t-nT_s) e^{j(\omega_0 t + \Phi_n)} \right\} \quad (1)$$

$$b_k(m) = 1/N \left\{ \sum_{l=0}^{N-1} \{ a_l(m), e^{j2\pi l/N} \} \right\} \quad (2)$$

Donde Re denota la parte real , $f(t)$ es la respuesta impulsional del filtro transmisor, T_s es el tiempo de símbolo del flujo entrante, ω_0 es la frecuen-

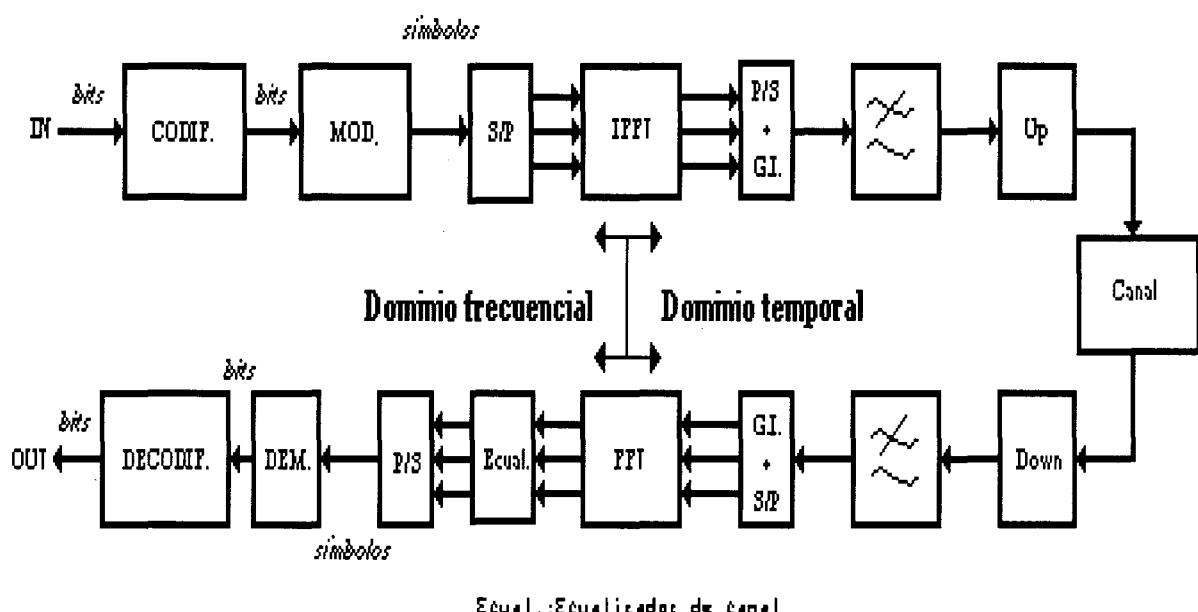


Figura 6.- Sistema COFDM completo con ecualizador de canal y con inserción de intervalo de guarda.

cia central de transmisión en radianes, es la fase de la portadora y $b(n)$ conseguido por la transformación (2).

Vemos enseguida que la transformación (2) es una IDFT de N puntos que nos permite de una manera más simple generar la señal OFDM.

El proceso de generación empieza pues tomando los símbolos de entrada, haciendo una transformación de serie a paralelo de N símbolos y con estos N símbolos realizar una IDFT (suele hacerse IFFT). A la salida de nuestro bloque de IDFT tenemos también N símbolos que debemos de volver a convertir a serie. De suma importancia es el filtro paso bajo utilizado en transmisión que ha de ser de Nyquist (suele ser un filtro raíz cuadrada de coseno realizado) ya que hemos de limitar en banda la señal que enviamos al canal.

Después el bloque modulador se limita a desplazar la señal a la frecuencia deseada.

Del lado del receptor la señal se demodula coherentemente, se muestrea a $1/T_s$ y se convierte de serie a paralelo de N antes de realizar la DFT de N puntos, después se reconvierte de paralelo a serie obteniéndose el flujo entrante de símbolos si no ha habido ningún tipo de distorsión en el canal.

He de decir que si hablo de símbolos es porque estos pueden ser el resultado de cualquier tipo de modulación digital siendo las más usuales la QPSK, la 16QAM y la 32QAM. Por lo tanto, en realidad habría que añadir a nuestro diagrama de bloques un modulador y un demodulador del tipo de modulación escogida.

¿Porqué el OFDM?

Varias son las razones que han ayudado al desarrollo del OFDM..

Primero existe una característica muy especial y es una dualidad entre los dominios frecuencial y temporal que se pue-

de aprovechar . En efecto se considera que antes de la IDFT estamos en el dominio de la frecuencia y que después de ella estamos en el temporal. La ecualización en frecuencia es, si pensamos bien, súmamente sencilla ya que esta consiste simplemente en colocar un banco de amplificadores que compensen para cada una de las N subportadoras las pérdidas introducidas por el canal a las correspondientes frecuencias f_i . En cierta forma se puede establecer un paralelismo con los sistemas que ecualizan en frecuencia pero sin la necesidad de realizar ningún tipo de transformación extraordinaria y aprovechando las características del sistema (*ver figura 6*).

Otra principal ventaja es que gracias a la inserción del intervalo de guarda solucionamos varios problemas imposibles de eliminar completamente para otros sistemas. Estos problemas son por un lado los efectos de la propagación multicamino que afectan a cualquier radiodifusión en entornos ciudadanos (la más importante debido a la concentración de receptores y de potenciales clientes de una televisión digital que probablemente empiece siendo de pago) y que son completamente suprimidos sin necesidad de realizar ningún tipo de ecualización complicada. Por otro lado, es el efecto Doppler tan habitual en comunicaciones móviles o vía satélite, el que también se resuelve con la inserción del intervalo de guarda adecuado.

También hay que tener en cuenta la simplicidad del receptor que evidentemente no solo nos interesa desde el punto de vista conceptual, sino que sobretodo nos lleva a una rebaja en los posibles costes de los equipos que algún dia salgan al mercado.

Además este sistema goza de una muy buena eficiencia espectral que se acerca asintóticamente a 2bit/Hz.

Si se le añade codificación (lo que se llama COFDM) de canal , se consigue solucionar el

problema ocasionado por el fading.

Precio a pagar

Como era de suponer no todo es tan simple como parece, también algunos inconvenientes aparecen .

El principal problema o más bien punto que se ha de cuidar con sumo cuidado es el tema de la sincronización; en efecto el OFDM es muy sensible a desplazamientos en frecuencia que por otro lado son el pan nuestro de cada dia en comunicación . Así se han de utilizar buenos recuperadores de portadora , que como es natural encarecen el sistema.

Conclusión

Como hemos visto el sistema OFDM ofrece múltiples ventajas que nos podrían llevar a conseguir no solo las prestaciones de un sistema completamente digital , sinó también la reducción drástica del espectro dedicado a radiodifusión; y esto es debido al buen comportamiento frente al multicamino. Realmente las expectativas son de lograr la utilización de una sola frecuencia en todo un territorio (nacional o internacional) y lograr así lo que se ha venido a llamar redes de frecuencia única (SFN: Single Frequency Network) y que desde el punto de vista de aprovechamiento del espectro serían casi una utopía (adios a los planes de frecuencia complicados).

Finalmente sería de interés comentar que la introducción del sistema OFDM (o COFDM más bien) en el ámbito de la radiodifusión digital terrenal de televisión es inminente y que ya se ha provado ampliamente para audio; ahora, lo único que frena el avance, es por un lado la creación de la infraestructura necesaria para la radiodifusión y por el otro, el miedo de los fabricantes ante un cambio tan radical (renovación de los receptores).



SISTEMAS DE TELEFONÍA POR SATÉLITE

LA EXTINCIÓN DE FRONTERAS

Fernando Estebaranz Mesa

Con la llegada de los nuevos sistemas LEO en 1997, podrá estar en contacto con el resto del mundo, por muy remoto que sea este lugar, por medio de un terminal «de bolsillo» similar a cualquier teléfono móvil, pero de capacidad sin precedentes en su tipo. Estos sistemas de satélites han sido concebidos para complementar a la telefonía móvil terrestre y a la telefonía fija rural en aquellas zonas en que no existe cobertura, por no existir virtuales usuarios o no ser la inversión rentable, así como servir al hombre de negocios con problemas de compatibilidad de su equipo móvil en el país visitado. Mientras se trabaja en los estándares europeos del usuario móvil personal (UMTS) y se negocia por un espacio en el espectro, inversores privados y gigantes de las telecomunicaciones apuestan fuerte por un pedazo del pastel, que incluso compromete fortunas personales. El resultado será la conexión, esté donde esté, de una persona (ya no un terminal) a las futuras redes del 2000 (RDSI, DECT, GSM, PLMN, PSTN,...) dispon-

niendo de servicios de multimedia, voz y datos las 24 horas del día.

INTRODUCCIÓN

El estándar GSM está alcanzando cotas de popularidad en continua progresión. Su alta calidad y la ruptura que ha efectuado con el mosaico de tecnologías celulares existente en Europa, hace intuir la primera posición que muy pronto alcanzará en facturación y número de usuarios en las zonas densamente pobladas (ahora en su conquista de Europa, más tarde Asia y África). Pero queda todavía un mercado que, aunque minoritario, permanece servido por debajo de sus necesidades. Las zonas rurales de países extensos (Australia, Rusia, Estados Unidos, Canadá), el mundo subdesarrollado, con dificultades para la construcción de una infraestructura de comunicaciones (Sudeste Asiático, Latinoamérica y Europa del Este) y zonas escasamente pobladas y áridas, en las cuales no es nada rentable una red terrestre o permanente (desiertos, Amazonas, Patagonia, regiones polares) demandaban desde hace tiempo medios razonablemente portátiles: los existentes hasta ahora son, como el sistema INMARSAT-M, voluminosos, pesados y con calidad deficiente a altas latitudes, dado que se basan en satélites Geo-estacionarios, de características similares a los de transmisión DBS (difusión TV), y siendo necesarios grandes niveles de potencia para enlazar, en modo full-duplex, con unos satélites que orbitan

sobre el Ecuador a 37000 Km de altura. La solución a estos usuarios la darán las constelaciones de satélites en órbita baja (LEO) y media (MEO): auténticas nubes de satélites que, cubriendo el planeta, recuerdan el viejo modelo atómico de Rutherford.

CONSTELACIONES Y DECISIONES

A finales de 1990, la todopoderosa MOTOROLA anuncia el lanzamiento del proyecto 'Iridium', que inicialmente iba a constituir un sistema de 77 satélites (véase la correspondencia con el elemento químico Iridio, con 77 electrones orbitando en torno al núcleo). El proyecto final acabaría constituido por 66, pero la original denominación permanecerá.

El símil es verdaderamente acertado para describir este nuevo tipo de cobertura para telefonía (empleado recientemente para servicios GPS), y reproduce con exactitud el objetivo que se pretende con el núcleo atómi-

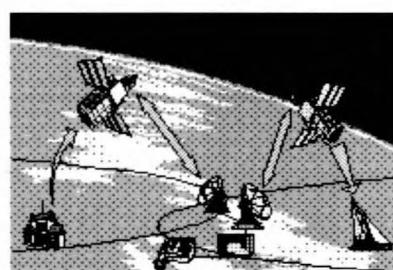


Figura 1.- Situación 2 en una comunicación en tiempo real. Será la más frecuente.

FERNANDO ESTEBARANZ MESA es Ingeniero Técnico de Telecomunicación por la U.P.M. y actualmente cursa estudios superiores en la ETSI Telecomunicación en el curso de Adaptación. Ha trabajado para el grupo de Satélites de la Universidad de Bradford (G.B.) durante los veranos en sistemas L.E.O. fmesa@pincho.etsit.upm.es

co, nuestro querido planeta Tierra: una cobertura radioeléctrica global y completa. Así, un usuario en cualquier parte del globo tendrá siempre y en visión directa, como mínimo, dos satélites para establecer su enlace con el mundo civilizado o, incluso, con ese usuario que, huido de las aglomeraciones y portador de un terminal Iridium idéntico, necesita recuperar su naturaleza social además de la animal.

En la actualidad, Iridium tiene más competidores, que dependiendo del tipo servicio que ofrezcan y de la zona servida, adoptarán una u otra configuración. Sólo unos pocos alcanzarán su fase operativa.

Para una altitud dada, el objetivo de la constelación deberá ser maximizar el ángulo mínimo de recepción, en el peor punto y con el menor número de satélites (cuanto más vertical se halle el usuario con el satélite, menos riesgos de bloqueo por edificios, árboles,...).

En principio, esto se conseguirá con coberturas de constelaciones LEO (Low Earth Orbit, o de órbita baja) o MEO (Medium Earth Orbit, o de órbita media).

Ambas lo forman constelaciones de satélites que orbitan alrededor de la Tierra a grandes velocidades para no caer sobre ella (nótese su periodo orbital...de alrededor de los 100 min. para los LEO y de 6 h para los MEO). La distancia que ahora separa el satélite con el usuario y la estación terrena es relativamente pequeña si es comparada con sus primos mayores los geoestacionarios. De este modo, se consiguen, para una calidad superior de servicio, terminales realmente portátiles y personales, al ser necesaria menos potencia para establecer el enlace y, lo que es más importante, tener en visión directa a más de un satélite con diferente orientación en la cúpula celeste.

PARÁMETROS DE ÓRBITA

Necesitaremos algunos parámetros que describirán unívocamente cada satélite de nuestra constelación y sus planos orbitales

serán:

-Número de satélites (N)

-Número de planos orbitales (P)

-Distanciamiento relativo entre planos orbitales: dependerá en gran medida si los contiguos orbitan en sincronía (mismo sentido) o no

-Fase relativa entre satélites del mismo plano

-Fase relativa entre satélites de planos adyacentes

-Altura operacional (h)

-Excentricidad (e): indica el grado de naturaleza elíptica o circular de la órbita (0 - 1)

-Anomalía principal (M): describe la posición instantánea de cada satélite en su órbita

-Inclinación (i): indica el ángulo formado por la órbita descrita con respecto al plano del Ecuador.

-Argumento del nodo ascendente (OMEGA): da una idea de la orientación de la órbita (argumento del punto de corte del plano orbital con el ecuatorial, respecto al punto de referencia fijo de la esfera celestial, el primer punto de ARIES)

-Argumento del Perigeo (omega): indica la posición en la órbita del Apogeo y Perigeo. En órbitas elípticas, la órbita en el apogeo se hará coincidir con la zona a la que se desea dar cobertura (donde orbita a menor velocidad).

Estos parámetros resultarán interesantes para el usuario-astrónomo, pero el cliente convencional se interesaría por otros aspectos más prácticos:

-Tiempo de retardo de la transmisión. Dependerá directamente de la altura de la órbita y de la distancia al usuario (me-

nor de 400ms por el CCIR). Ahora la latitud no influye.

-Calidad del enlace, dado en BER (tasa de bit erróneos). Es una medida exclusiva de transmisiones digitales e indica el tanto por uno de bit transmitidos e interpretados de forma errónea.

-Disponibilidad del sistema, dado en % del tiempo en que el sistema está disponible desde el inicio de la llamada al receptor.

-Coste del servicio, condicionado por la inversión (número de satélites, arquitectura de constelación, tipo de lanzador - múltiple o de baja capacidad-...), coste operacional (sustitución de satélites y control de órbitas) y el grado de recuperación de la inversión.

También le interesaría saber si dispone de la cobertura concentrada localmente (p.ej. para operaciones militares), regionalmente (p. ej. Estados Unidos o únicamente el hemisferio Norte, dada la evidente distribución de población del globo) o total (incluidos los polos). Este cliente tan pre-guntón también querrá conocer los servicios ofrecidos, para el cual el ingeniero ha definido los llamados «escenarios», dependiendo de si la transmisión se realiza en tiempo real (telefonía o intercambio de datos) o retardado (mensajería electrónica).

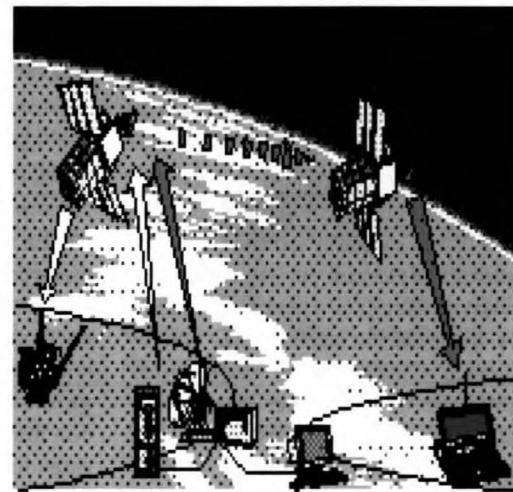


Figura 2.- En blanco, situación-1 de comunicación en tiempo real, con los usuarios en su zona. En oscuro, situación-1 para mensajería y datos. El satélite tiene capacidad de almacenaje en este último.

MODO DE OPERACION. SERVICIOS

Para comunicaciones en tiempo real, tal y como puede presentarse una conversación telefónica normal, nos encontraremos tres situaciones. La primera de ellas consiste en una comunicación requerida a nivel local, es decir, cuando el usuario que inicia la llamada y el que la recibe se hallen en el mismo área de cobertura. En este caso, el satélite actuará como mero repetidor de modo transparente.

Señalemos aquí una diferencia con respecto a los sistemas celulares terrenos: en éstos las células (áreas de cobertura) permanecen fijas, y es el móvil el que cambia de una a otra, siendo necesario el llamado «handoff» o traspaso de control entre células adyacentes. En nuestro caso, es el satélite el que se mueve sobre la superficie de la Tierra y el que provocará el «handoff» (o cambio de control) entre el satélite que queda fuera de visión y el que se aproxima a la zona. El tiempo entre dos consecutivos dependerá de la constelación (de media o baja altitud) y su velocidad, localización del usuario (en los bordes se producirán con mayor frecuencia) y como no, de la antena de a bordo. Para un LEO se sitúa entre 2 y 4 min.

Una segunda, y probablemente la más frecuente en su vida operativa, consiste, supuesta siempre una estación de seguimiento como mínimo en cada área de cobertura, en un enlace entre nuestros usuarios furtivos, estaciones terrenas o una combinación de ambos. Cada estación terrena (o de seguimiento) tendrá en seguimiento a dos o tres satélites a la vez, enrutiando la información hacia el más conveniente, y actuando de nuevo éstos como meros repetidores. Este enlace se repetirá tantas veces como sea necesario hasta alcanzar su destino final. Las estaciones estarán conectadas a la Red Local Pública de Telefonía (del país donde esté emplazada), dando la tan necesaria posibilidad de que el usuario terminal esté conectado a la red fija.

La tercera y más espectacular es la basada en enlaces espaciales entre satélites contiguos (ISL), bien en tecnología láser o bien vía radio. Ahora se complican algo los equipos de a bordo, dado que se incorporan mecanismos de conmutación y se realiza cierto procesado y enrutamiento en el satélite (aunque podría trasladarse las decisiones a la Tierra), evitando la reentrada de la señal en la atmósfera terrestre hasta su bajada final. Esto implica un continuo y preciso conocimiento de la posición de cada satélite. El sistema Iridium es el único, de los provistos de licencia previa hasta ahora, que hace uso de esta tecnología.

Es evidente la necesidad de un sistema de cobertura permanente ya que así no se producirán cortes en la llamada en ningún momento.

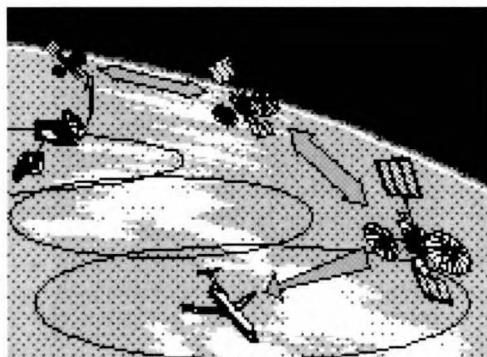


Figura 3.- Utilización de enlaces entre satélites en situación-3. En este caso, se forma una red real en el espacio, con capacidad de procesado y enrutamiento a bordo.

Para comunicaciones retardadas (mensajería), y de forma breve, las situaciones son ligeramente diferentes. En una primera el usuario-transmisor envía los datos, que son almacenados a bordo del satélite hasta que encuentra al usuario receptor bajo su cobertura, momento en el cual descarga la información. La segunda cuenta con los usuarios en la misma zona, estando provista la estación terrena de capacidad de almacenamiento; los datos se almacenan hasta tener a la vista un satélite con cobertura sobre el receptor. Una tercera, finalmente, de nuevo hace uso de los ISLs, almacenándose los datos a bordo has-

ta tener un nuevo satélite a la vista más próximo al receptor del mensaje final.

ARQUITECTURA

Elejemplo más general de arquitectura, y utilizado en los pliegos de solicitud de licencias, consta de cuatro segmentos: espacial, de usuario, terreno y de red.

SEGMENTO ESPACIAL

Abarca todo lo concerniente al satélite (subsistemas de propulsión, alimentación, comunicaciones y telemetría...), diseño de la constelación y lanzadores (normalmente múltiples).

Podrán enviarse a cotas LEO (500-2000 Km) o MEO (10000 - 20000 Km) y el número de satélites, para una cobertura global, dependerá de su altura operacional (mayor altura, mayor área cubierta por satélite y menor número necesario). Del mismo modo, cuanto más baja sea su órbita, menos potencia requerirán para conectar con el usuario y más ligeros y simples serán (y menos complejos).

Es común disponer en órbita de satélites de reserva, de modo que ante un eventual fallo de un elemento, pueda sustituirse en pocas horas bajo control terrestre. En caso de no disponer de ninguno, los satélites tratarán de suplir el hueco dejado por su congénere, distanciándose ligeramente y abarcando más Km. El usuario notará una ligera degradación en la calidad, pero se evita una ausencia total de servicio en un periodo, hasta su restablecimiento. Si el satélite cubre solamente el Ecuador su órbita será ecuatorial ($\text{inclinación}=0^\circ$), mientras que a medida que abarca latitudes más altas, su inclinación se va incrementando. Para cubrir los polos las órbitas serán polares, de $\text{inclinación } 90^\circ$.

En una aproximación hacia el diseño celular se dota al satélite de una antena tipo «multi-haz», de modo que cada uno cubre varias áreas de influencia. Para mantener la simetría se trata de utilizar las llamadas «coronas». Los diferentes haces son diseñados para que las células sean idénticas en tamaño, y el conjunto es com-

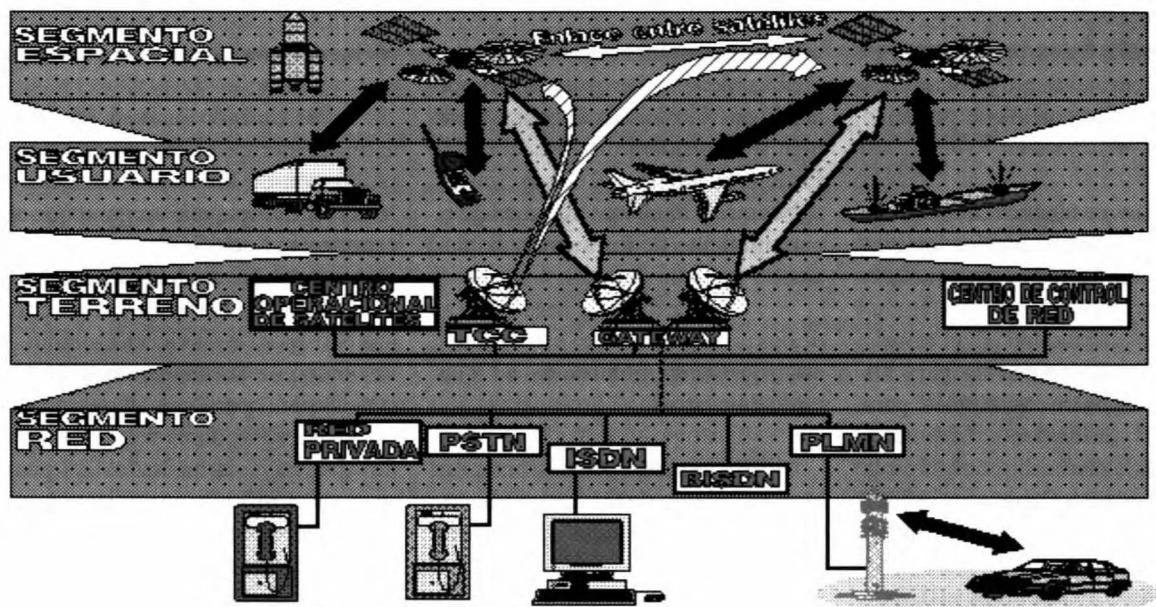


Figura 4.- Esquema general de un sistema MSS por medio de satélites LEO / MEO (telefonía). Cada satélite mantendrá cuatro tipos de enlaces: de usuario (oscuro), de telemetría y control (rayado), enlaces entre satélites (blanco) y de estaciones terrenas (trazo grueso).

pensando en potencia entre las centrales (de más potencia) con las más externas (de menor y más distancia al satélite), para que un usuario no note diferencias según el satélite pasa sobre él.

La vida operativa de nuestro amigo LEO (o MEO) acaba con la orden terrena de pasar a una órbita más baja, donde el rozamiento hace que regrese a la Tierra.

SEGMENTO TERRENO

El más utilizado comprende las «gateways» o pasarelas, el Centro de Control de Red (NCC) y el Centro de Control Operativo de Satélites (SOCC). Las pasarelas están conectadas, por

medio de una red digital dedicada, al NCC, y es éste quien distribuye la carga entre satélites (canales,...) y efectúa la tarificación y control operativo. Algunas estaciones tienen capacidad para enviar y recibir órdenes de telemetría y control de actitud, denominadas TCCs, en un canal separado (banda C). Éstas se envían al SOCC, que las procesa para adquisición, conmutación entre células o haces,... Todos los datos del NCC son enviados al SOCC, donde se controla y visualiza permanentemente cada uno de los satélites y se ordenan las correcciones pertinentes. Cada pasarela consta de la etapa RF, el control CDMA/FDMA-TDMA y el conmutador, que alterna los satélites en visión y satélites a extinguir (cada estación puede tener en seguimiento hasta cuatro satélites).

SEGMENTO DE USUARIO

Los terminales de los que dispondrá nuestro usuario-fugitivo serán de tres tipos:

- Fijos, para localizaciones rurales y residenciales.

- Transportables, para acceso de móviles.

- Personales o «de bolsillo», a veces dotado de doble funcionalidad:

tendrá acceso a la red PLMN si existe cobertura (GSM), para conmutar al servicio de telefonía por satélite, en caso de no establecer conexión con el primero.

Con este último tipo se intuye la clara vocación de este servicio hacia las comunicaciones personales universales (PCS) y el enfoque de complementariedad para con la PLMN, más que de competencia, con que se quiere dotar al sistema.

Los terminales serán capaces de manejar voz y datos, y de proporcionar servicios de geolocalización.

CARACTERISTICAS DE LOS SERVICIOS, TERMINALES Y TARIFAS.

Cada operador ha establecido ya sus tarifas previstas, pero con diversas modalidades. En general se tarifará en dólares por minuto de utilización, además de una cuota mensual de enganche. Iridium ha establecido su tarifa en 3 dólares el minuto, incluyendo todo tipo de extras de servicio, así como la utilización de la Red Telefónica Comunizada nacional a cualquier nivel (local, larga distancia e internacional).

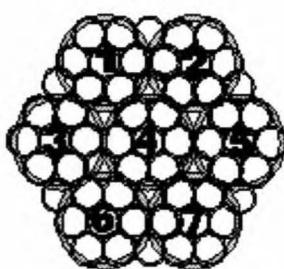


Figura 5.- División de la cobertura de la antena de usuario sobre la superficie terrestre. Cada subdivisión hace las veces de célula.



El resto de contendientes ofrece precios más bajos, pero parecen no incluir el enrutamiento por las redes de telefonía fija, con lo que pueden o no resultar más baratas.

Hemos de tener en cuenta, en la fluctuación de estos precios facilitados, si están firmados los contratos con los fabricantes de satélites, comunicaciones y lanzadores. Es el mismo caso del precio propuesto para los diferentes tipos de terminales, para los cuales únicamente Iridium y GlobalStar lo han hecho con Motorola (\$2500/unidad) y Qualcomm (\$700/unidad).

LICENCIAS, POLITICA y BUROCRACIA

Inicialmente en la WARC '92 (comité encargado de distribuir el espectro a nivel mundial según utilización) en Torremolinos, se establece la primera asignación global de frecuencias para los servicios MSS:

1610-1626.5 MHz para enlaces ascendentes.

2483.5-2500MHz para enlaces descendentes.

23.18-23-38 GHz para enlaces entre satélites.

Distribuidos de forma que Iridium (TDMA/FDMA) obtiene 5.15 MHz de espectro dedicado de 1621.35 a 1626.5 MHz, mientras que el resto (CDMA) quedan alojados en 11.35 MHz, de 1610 a 1621.35 MHz, para enlaces ascendentes.

Los descendentes serán compartidos: 16.5 MHz de 2483.5 MHz a 2500 MHz.

Pero la competición real comienza con la adopción por parte del FCC Norteamericano de dicho espectro y la publicación de las condiciones para consecución de licencias de desarrollo y operación en EE.UU.

Para disfrutar de una de estas licencias se han especificado diversos requisitos, como el tener un diseño LEO y capacidad para proporcionar cobertura global y servicios MSS a lo largo y ancho de EE.UU. Dichas licencias iniciales tienen una duración

de 10 años, para construcción, lanzamiento y operación de la constelación, comenzando a contar a partir de la primera transmisión realizada. También se expedirá una licencia para Estaciones Terrenas y de seguimiento y control (10 años). Así, se exige el cumplimiento de los siguientes plazos:

-Comienzo de la construcción de dos primeros satélites en el primer año, quedando finalizados no más tarde de cuatro

-En tres años deberá comenzar la construcción de los restantes, encontrándose el sistema operacional en seis.

-Todos los 30 de Junio deberá entregarse un informe con la evolución del desarrollo.

El resto de los países interesados en la cobertura global han esperado, mostrando su interés con anterioridad, a que el FCC publicase sus especificaciones para elaborar las suyas. De hecho, los contactos y negociaciones comenzaron hace unos años, y éstas han culminado con la última y esperada WARC de Nov.'95 (Geneva-SUIZA).

En ésta, irrumpió en el programa, bajo presión USA, el omnipresente Bill Gates y su fabuloso proyecto Teledesic, cuando únicamente se pretendía asignar el espectro definitivo a los sistemas LEO y MEO. Los acuerdos finales entre europeos y americanos resultó:

-Se adelanta la disponibilidad de la vital banda de 2 GHz, del 2005 inicial al 2000, a nivel global (donde operarán los otros dos contendientes «no puros»: INMARSAT-P ó P21) y AMSC y Celsat).

-Se asignan más frecuencias para enlaces con estaciones terrenas. Esto ha sido logro de los operadores, que se sienten a punto e impacientes por comenzar con el desarrollo del mercado y salvan la última traba operativa (con GLOBALSTAR a la cabeza).

-Asignación a Teledesic de 400 MHz en la banda de 19 GHz y 29 GHz

La Comisión Europea trabajaba al mismo tiempo en el borrador de la regulación de los sistemas LEO y MEO en Europa, que asegure que el espectro radioeléctrico europeo encaje con el del resto del globo, incluido el USA, con licencias ya concedidas. Se espera la publicación definitiva, junto con las condiciones de licencias para operadores de segmento espacial, proveedores del servicio y de «gateways» a mediados del presente año. La Comisión no disimula ya su predilección por el más europeo de los proyectos: PROJECT-21/INMARSAT-P (de la corporación ICO), y cuya falta de información influye en el retraso de las licencias para telefonía móvil global.

En principio, tan sólo cinco contendientes inician la lucha: Iridium, Globalstar y Odyssey, con licencias concedidas por el FCC, y Aries y Ellipso, que han debido esperar a Enero para cumplir los requisitos financieros exigidos.

El espectro designado, los sistemas abriendose paso, las patentes registradas, pero... ¿a cuántos de ellos encontraremos en el momento del lanzamiento?

En torno a Globalstar Telecommunications Ltd. se asociaron inicialmente Loral y Qualcomm, adhiriéndose más tarde otras operadoras de diferentes países. Tiene previsto el lanzamiento del primero de los 48 satélites a finales de 1997, aunque todavía no se ha decidido el lanzador. Contará con nueve satélites más de reserva en órbita y todos ellos tendrán una vida operativa de 7.5 años.

Entre los asistentes técnicos se encuentran Space Systems/Loral y Hyundai. La cobertura queda concentrada en las zonas templadas (100% de cobertura 70°S-70°N) y además, en busca de la simplicidad, se prescinde de los ISL «puesto que la mayoría de las llamadas efectuadas terminarán en el mismo área de cobertura», según Globalstar. Ésta se prestará por medio de 16 haces (con compensación de potencia) que cubrirán un área en total

de 5760 Km de diámetro. Se utiliza la llamada «diversidad», con la que el enlace GATEWAY-usuario se establece por medio de varios satélites a la vez (como se suele tener en visión), y que evita bloqueos y sombras. A esto último contribuye la utilización del sistema CDMA, así como confidencialidad, calidad y capacidad mejoradas.

Los terminales serán fijos (3W, similares a los celulares pero con micro y software de seguimiento de satélites), portátiles (600mW pico, antena de horizonte a horizonte, microPy software) y bi-modo (compatible con tecnología terrestre celular). Se proporcionará a los portátiles con tarjetas de identificación de usuario SIM (similar a las utilizadas en GSM). Su precio: «inicialmente menos de \$700 por terminal (todavía no contratado fabricante)». El servicio costará de \$.35 a \$.50, dependiendo de la hora de utilización del servicio y sin contar con el extra de la tarificación de la Red Fija.

Es, sin duda, el competidor del gran IRIDIUM.

Motorola y otros 15 socios mundiales esperan efectuar el primero de los 66 satélites en Enero de 1997. En la fabricación intervienen ya gigantes como Lockheed, Raytheon, Telespazio, Sientific Atlanta y Telesat Canada. Tiene contratados los lanzadores para su primera generación: China Great Wall Industry Corp. (2 sat). Mc Donell Douglas (5) y Krunichev Enterprises (7) llevarán a cabo los sucesivos. Motorola ya está ultimando los terminales, con un precio estimado de \$2500.

Los 66 satélites Iridium estarán apoyados por 12 más de reserva, orbitando a 645 Km de reserva (la altitud operativa = 780 Km). Describiendo órbitas polares de 86° harán posible tener en visibilidad al menos un satélite las 24h y en cualquier punto de la Tierra a partir de 1998.

Cada satélite proporciona una cobertura con 48 haces (con capacidad de hasta 256 usuarios cada célula) y se posibilitará la desconexión de células en zonas donde solapen con otras (polos) o zonas «prohibidas» políticamente.

Iridium reduce el número necesario de Gateways gracias a los ISLs incorporados (alojados de 23.18 a 23.38 GHz).

Los equipos terminales serán bi-modo (compatibles GSM) y tendrán un puerto, para manejar datos, incorporado.

El coste del servicio global ha sido tarificado en \$3 / min, incluyendo servicios de gateway, regulación en el país en cuestión y acceso y utilización de la Red Comutada Pública nacional.

Se estudia la compatibilidad con el sistema INMARSAT.

En España se espera contar con 50000 usuarios, con plena capacidad GSM.

Cabe destacar la negativa de Telefónica a formar parte del proyecto.

Su peculiar diseño divide su cobertura global en dos zonas (cuya frontera es el Trópico de Cáncer), cada una servida por su propia constelación:

-Ellipso Borealis.- 10 satélites en órbita elíptica, en planos con inclinación de 116.5° para evitar que el apogeo gire y se traslade (es en éste y sus proximidades donde proporciona el servicio), con apogeo de 7846 Km y perigeo de 520 Km (y aquí donde recarga sus baterías).

-Ellipso Concordia.- Para cubrir los trópicos y el Ecuador. Seis satélites en órbita circular ecuatorial de 8040 Km de altitud.

El objetivo de Ellipso es proporcionar al usuario dos satélites en visión directa por encima de los 40° Sur de latitud («por debajo no hay casi terrenos ni servicio previsto», según MCH Inc.). Esta doble cobertura evitará bloqueos físicos, sombra radioeléctrica y desvanecimientos.

Los satélites (que comenzarán a ser puestos en órbita a mediados de

1997) serán meros repetidores, realizándose todo el procesado en Tierra y Estaciones de Control Terrenas (SOCC y NCC). La antena de cobertura de usuario, a bordo, divide su haz en 31 sub-haces circulares (61 cuando se encuentra más bajo que el apogeo), cada uno independiente del otro. Las señales procedentes de estos haces se cambian de frecuencia y polarización y se envían a la Estación Terrena.

El sistema, según Mobile Communications Holdings Inc., gozará de la flexibilidad suficiente para acomodar un mayor número de satélites en caso de que la demanda así lo exija.

Los terminales serán similares en tamaño y funcionamiento a los celulares convencionales y sus tipos los ya comentados: portátiles, fijos y de bolsillo. Cada uno dispondrá de funciones tal y como son información de la calidad del enlace, localización y envío de pequeños mensajes, y la llamada «activación vocal» por medio de la cual el terminal permanecerá en stand-by mientras el usuario no envíe señal vocal (reduce interferencias con otros usuarios y ahorra energía), todo ello con tecnología CDMA.

Los servicios básicos ofrecidos serán telefonía (4.15 Kbit/s), transmisión de datos vía modem-Hayes (de 300 a 9600 baudios), buscapersonas y «geolocalización». Está previsto un precio para los primeros terminales portátiles de \$100, mientras que el coste por minuto será de \$.25 para abonados fijos y \$.50 para móviles.

Entre los fabricantes del sistema están Harris Corp., Westinghouse e Israel Aircraft Industries, y ya se han firmado los contratos para los lanzadores (Ariane y Eskos), con una capacidad de hasta 6 satélites por cohete. Hay que decir que todavía quedan partes en desarrollo, sin haberse cerrado el diseño final, y parece disponer de socios financieros hasta la fecha. Su mercado está principalmente enfocado a EE.UU.

TRW/Teleglobe crearon el sistema ODYSSEY, el único con diseño MEO dentro del grupo de los grandes LEO, enfocándolo a la conexión de clientes móviles con la PSTN.



La constelación consta de tan sólo 12 satélites, debido órbita de mayor altitud: 10354 Km. Cada antena está provista de 37 haces. TRW sostiene la tendencia común, con la que sus terminales tratarán de conectar primero con la red celular local, para conmutar a ODYSSEY en caso de no obtener respuesta.

A cada usuario se le asignará un código pseudo-aleatorio durante la llamada (CDMA) y empleará el haz y satélite con señal más potente. Los 19 haces por satélite soportarán un máximo de 2300 conversaciones simultáneas.

Los encargados de hacer llegar a su órbita, hacia el cuarto trimestre de 1998, serán Harris Corp., Hitachi, Northern Telecom, NEC, Mitsubishi y Stanford Telecom, entre otros.

ARIES

El sistema propuesto por CCI ofrece terminales bi-modo de dos tipos: personales y para vehículo. Éstos tratarán de conectar por medio de la portadora TDMA/CDMA y sus códigos establecidos con el usuario en lugares remotos o con el viajero mundial.

El primero de los 48 satélites será lanzado a finales de 1997. Los contratos con los diferentes segmentos están todavía sin cerrar, pero algunas compañías como Martin-Marietta Astro Space y E-Systems ya han comenzado la construcción de prototipos.

Aún no siendo técnicamente LEOs, pero con un papel importante en el futuro de las comunicaciones globales, merecen mención:

INMARSAT-P(P21)

La organización basada en Londres, pero con capital mayormente europeo, apuesta fuerte con un sistema MEO de cobertura global de telefonía, con proyección para el año 2000. Es uno de los situados en la banda de 2GHz (autorizada para este uso a partir del 2000) y cuenta con el gigante de las comunicaciones por satélite COMSAT.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

- BER - Bit Error Rate
CDMA - Code Division Multiple Access
DECT - Digital Cordless European Telephone
DBS - Direct Broadcasting System
FCC - Federal Communications Commission
FDMA - Frequency Division Multiple Access
GPS - Global Positioning System
GSM - Global System for Mobile Communication
ISL - Inter Satellite Link
LEO - Low Earth Orbit MEO - Medium Earth Orbit
MSS - Mobile Satellite Services
NCC - Network Control Center
PCS - Personal Communication Services
PLMN - Public Land Mobile Network
PSTN - Public Switching Telephone Network
RDSI / ISDN - Red Digital de Servicios Integrados
SOCC - Satellite Operation Control Center
TDMA - Time Division Multiple Access
UMPTS - Universal Mobile Personal Telecommunications Services
UPT - Universal Personal Telecommunications
WARC - World Radiocommunications Conference

Para la puesta en marcha de INMARSAT-P se ha creado la sociedad ICO Global Communications, con partícipes importantes como Hughes Electronics (grupo General Motors)

Es el más apoyado en Europa, lo que puede suponer, junto con el respaldo de INMARSAT, tener el futuro asegurado.

AMSC

De momento ofrece en sistemas globales no portátiles a partir de satélites geo-estacionarios, pero ya trabaja en un sistema MEO de 12 satélites y ha solicitado licencia de desarrollo. Ha decidido no competir de momento, a falta de cumplir los requisitos financieros del FCC.

Y, no estando diseñado para telefonía global, deberemos reseñar por su importancia.

TELEDESIC

El WARC '95 ha dado vía libre al proyecto conjunto de Bill Gates y al magnate de las comunicaciones Craig McCaw, y crean la sociedad TELEDESIC Corp.

Ambos recalcan que no es una inversión de sus respectivas

empresas (MicroSoft - McCaw Cellular Comm.) sino un proyecto personal de ambos.

El sistema constará de nada menos que 840 satélites a partir del 2001 que, con cobertura totalmente global, proporcionarán una capacidad por terminal de 2 Mbit/sg, estando enfocado a ordenadores personales y, sobre todo, a portátiles multimedia.

Se piensa que ganará el puesto a la fibra óptica en multimedia y se le está denominando 'la fibra venida del cielo'

PARA SABER MÁS

(1) G. MARAL / J.-J. DE RIDDER / B. G. EVANS / M. RICHHARIA, «*Low Earth Satellite Systems for communications*», International Journal of Satellite Communications Vol. 9, 209-225 (1991)

(2) LOU MANUTA, «*Big LEO Revolution*», Satellite Communication Marzo 1995

(3) J.-J. DE RIDDER NOUVELLE, «*Les Systèmes futurs de télécommunications avec mobiles, par satellites*», Revue D'Aéronautique et D'Astronautique N° 4 - 1995