

El mercado de las placas embebidas para integradores está en continuo cambio y en pleno auge, ya que pueden incorporar multitud de periféricos y opciones de comunicación, con un consumo y tamaño muy reducidos teniendo la potencia de un PC en la palma de la mano.

ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS EMBEBIDOS

Raúl Sánchez Vítors. *Director de proyectos del Grupo MIPSAs*
r.sanchez@mipsasoft.com; rsvitores@coitt.es

MICROPROCESADORES

Las nuevas generaciones de plataformas electrónicas embebidas de reducido tamaño y consumo, están causando una verdadera revolución en el mercado de los OEM's (Original Equipment Manufacturers).

Son placas que te permiten tener la potencia de un PC que cabe en la palma de la mano. Están en pleno apogeo por el gran empuje de los PDA y SmartPhone y tienen un campo de actuación entre estos dispositivos y por otro lado los PC industriales. Las últimas disponibles en el mercado cuentan con un procesador PXA255 de Intel y las próximas de la familia PXA27x, los cuales son dispositivos de última generación basado en la tecnología XScale. Esta micro-arquitectura es compatible con la plataforma ARM de 16 y 32 bits (ARM V4/V4I/V4T). Además usan la tecnología de procesamiento Intel Media que añade un coprocesador que ejecuta dos multiplicaciones simultáneas de 16 bits y acumulación de 40 bits, un «branch target buffer» encargado de guardar las direcciones de los saltos y por tanto predecirlos, control de prestaciones, puerto de depuración con histórico de saltos y puntos de ruptura hardware, control de consumo, watchdog, Real Time

Clock (RTC) y JTAG (Joint Test Action Group, especificación IEEE 1149.1).

El procesador PXA255 tiene una dimensión de 17 x 17 mm con 256 pines en formato PBGA en una configuración de alto rendimiento hasta 400 MHz. Este encapsulado presenta 32 bits de memoria en el bus de datos y una completa funcionalidad en la compatibilidad de periféricos, como se puede ver en la siguiente figura:

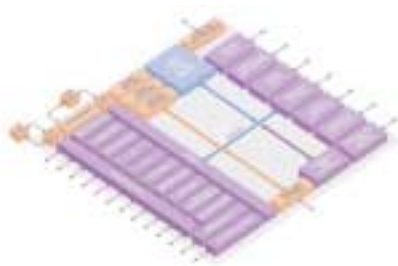


Diagrama de bloques del microprocesador XScale de Intel PXA255

Este microprocesador incorpora las siguientes ventajas con respecto a versiones anteriores, ventajas que se ven acrecentadas en gran medida con la familia PXA27x, siendo por ejemplo el PXA270 un micro de 356 pines en un tamaño de 13 x 13 mm y con una velocidad de 624 MHz (tabla 1).

PERIFÉRICOS Y OPCIONES DE COMUNICACIÓN

USB

Antes de que se desarrollase el estándar de conexión USB (Universal Serial Bus), la instalación de los periféricos era tarea a veces ardua. Hay dispositivos que necesitan una conexión de alta velocidad, como pueden ser capturadoras de vídeo, discos duros, etc., mientras que otros pueden funcionar con conexiones lentas, como ratones, teclados o disqueteras. Antes de aparecer el USB, si se quería conectar un dispositivo externo de gran velocidad, sólo se podía hacer a través de una tarjeta SCSI, que es un sistema caro, complejo y poco flexible.

El estándar USB se diseñó para superar todos los problemas que presentan los



Placa embebida MIP6 de tamaño 161 x 80 mm

Tabla 1. Principales características del microprocesador PXA255 de Intel con tecnología XScale

CARACTERÍSTICA	BENEFICIO
Alto rendimiento, nueva gestión de potencia y bajo consumo	Ideal para habilitar un mejor rendimiento en la vida de las baterías y aumentar el rendimiento de los dispositivos portátiles y las comunicaciones inalámbricas
Sistema de bus interno más rápido	Mejora el rendimiento de las aplicaciones
Tecnología de Procesado Intel Media	Optimiza la funcionalidad de audio y vídeo multimedia
Controlador de Memoria Mejorado	Soporta bajo consumo de 2,5 y 3,3 V, 16 y 32 bits, incluyendo soporte de rendimiento mejorado para sistemas SDRAM y memorias síncronas de STRATA FLASH
Soporte de tarjetas MMC/SD y PCMCIA/CF	Almacenamiento expandido y soporte de dispositivos I/O
Cliente USB	Rápida sincronización con un dispositivo host
Interface banda base celular de 1,84 MHz	Integración eficiente de comunicaciones
Interface Bluetooth de 920 Kbps	Comunicación entre dispositivos cercanos sin necesidad de cables
Latencia variable de I/O	Añade funcionalidad y capacidades

otros estándares de conexión, a la hora de instalar cualquier tipo de periférico externo. La intención de los fabricantes ha sido la de crear un estándar de conexión barato, rápido, fácil de instalar y de usar.

El estándar USB proporciona gran flexibilidad en la forma de alimentar a los dispositivos: directamente por el cable, baterías, etc. También permite que múltiples periféricos esclavos (slaves) a la vez se comuniquen directamente con el maestro (host).

El estándar USB 1.1 presenta las siguientes características principales:

- Es un tipo de bus de expansión que permite conectar en teoría hasta 127 dispositivos, pero hay que tener en cuenta que esto es casi imposible, ya que el ancho de banda es limitado y además existen limitaciones eléctricas.
- La velocidad del bus es de 3 MHz y la velocidad de transferencia de 1,5 a 12 Mbps, lo cual significa dar soporte a la mayoría de los periféricos existentes.
- Soporta periféricos de alta y de baja velocidad, pudiendo estar los primeros conectados con un cable de hasta 5 metros y los de baja velocidad hasta 3 metros.

A principio de 1999, el Grupo Promotor de *USB 2.0*, compuesto por Compaq, HP, Intel, Lucent, Microsoft, NEC y Philips, anunció una estimación de que la velocidad de USB 2.0 sería de 120 a 240 Mbps, de 10 a 20 veces más rápida que la

de USB 1.1. Las últimas noticias en el objetivo de incremento de la velocidad ahora son de 360 a 480 Mbps, de 30 a 40 veces más rápidas que la de USB 1.1.

Por el momento, las plataformas embebidas más avanzadas incorporan el USB 1.1, ya que no existe todavía el soporte necesario para el 2.0. Lo que sí está soportado ya es la tecnología OTG (On-The-Go). Este estándar permite la posibilidad de tener un USB maestro (para conectar periféricos) y esclavo (para conectar con un host, que suele ser un PC) o incluso dos maestros a la vez con un solo chip controlador, como por ejemplo el ISP1362 de Philips. Además se pueden utilizar conexiones mini tipo A/B (maestro/esclavo), A o B independientes, con una reducción del tamaño del 60 por 100 con respecto al conector USB estándar, siendo la solución ideal para dispositivos portátiles, aunque luego habría que tener en cuenta si se requiere un adaptador externo para el conector estándar, que es el que todavía suelen traer la mayoría de los productos.

BLUETOOTH

Si se quiere integrar en la plataforma embebida este sistema de comunicación inalámbrica existen chips que implementan un perfil de UART a 115,2 Kbps para facilitar una conexión Bluetooth trans-

parente vía RS-232, como el Wrap Thor de Bluegiga Technologies. Con una antena integrada con polarización lineal, se tiene un alcance estándar de 10 metros (clase 2), aunque con un aumento del consumo del chip de Bluetooth (configuración firmware), se puede hacer también de clase 1 (hasta 100 metros teóricos, no más de 75 metros en la práctica). Así se consigue prescindir de los molestos cables mediante una sencilla programación por comandos ASCII para comunicaciones punto a punto o punto a multipunto con dos esclavos a la vez. Si se requiere aumentar el número de conexiones simultáneas se podrían utilizar varios módulos a la vez o trabajar con la versión del firmware hasta HCI (Host Controller Interface) y luego utilizar las capas superiores integradas en los sistemas operativos embebidos, como por ejemplo Windows CE.NET 4.2 y Windows CE 5.0, que son los sistemas en tiempo real propios de desarrollo para estos dispositivos embebidos, ya que son los más flexibles y por ejemplo permiten obtener otros perfiles aparte del puerto serie virtual Bluetooth, como el OBEX (Object Exchange), para el intercambio de ficheros con otros dispositivos Bluetooth.

ETHERNET

Existen integrados simples controladores de Ethernet (por ejemplo el LAN91C111) que se conectan directa-



mente al microprocesador de la placa mediante el bus de datos y direcciones, y con una señal de Chip Select (CS), una de escritura y lectura se puede disponer así de un puerto de 10/100 Mbps, para conseguir este estándar tan famoso de capa de enlace de la pila ISO, como forma de red local con par de cable trenzado (10baseT) con conectores RJ-45, para dar soporte al protocolo TCP/IP y permitir un transporte muy eficiente del tráfico IP.

GPS

Los módulos receptores GPS (Global Positioning System) pueden extraer entre otros los datos de posicionamiento, velocidad, tiempo y fecha en mensajes codificados mediante unos estándares. El más conocido se llama NMEA 0183, que permite compatibilizar entre otras marcas, pero normalmente también puede ser de tipo binario, lo cual depende del fabricante del receptor. Uno de los más conocidos es el componente TIM LP de u-blox que se conecta por puerto serie, obteniéndose así toda la información necesaria en unas cadenas de texto que pueden componer los siguientes mensajes

del protocolo NMEA: GGA, GLL, GSA, GSV, RMC, VTG, GRS, GST y ZDA. Por ejemplo, el GGA proporciona los datos concernientes a la hora, latitud, longitud, satélites usados... Además, el TIM LP también tiene un protocolo UBX con mensajes propietarios.

PCMCIA

PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association) es una organización que agrupa a unas 500 compañías que han desarrollado un estándar para las PC Cards de formato pequeño. Originalmente se diseñó para añadir memoria a los ordenadores portátiles, pero este estándar ha alcanzado en su expansión a diversos tipos de dispositivos muy variados.

El primer resultado de la asociación PCMCIA fue la publicación de su primer estándar en 1990. En él se contemplaban 2 tipos de tarjetas con características muy semejantes: Type I y Type II, que constaban del mismo tamaño, 8,56 cm de largo por 5,4 cm de ancho. La diferencia entre estas dos tarjetas estriba en que la tarjeta tipo I tiene 3,3 mm de altura, mientras

que la tipo II es un poco más alta, 5 mm. El conector de ambas tarjetas tiene 68 pines. Sólo se contemplaban dispositivos de memoria, es decir, no se podían construir con esta versión del estándar ninguna tarjeta de I/O (entrada/salida), como puede ser una tarjeta de red.

Se hicieron algunas mejoras a la versión anterior del estándar y se agregaron características adicionales, siendo entonces cuando se agregó el Type III. Este nuevo tipo de tarjeta guardaba las mismas proporciones de largo y ancho que los dos tipos anteriores, pero era más alta: 10,5 mm (más del doble de la Type II) y aquí sí se contempló el uso de estas tarjetas para operaciones de entrada/salida.

Se agregaron otras funcionalidades como la operación en 3,3 voltios además de a 5 V, el soporte para DMA y soporte de 32 bits, siendo Cardbus el nombre comercial que obtuvieron las tarjetas con estas últimas características.

A partir de febrero de 1995, se cambió el nombre de las tarjetas PCMCIA a PC Card, y desde entonces PCMCIA se refiere a la organización y PC Card se refiere a las tarjetas fabricadas por distintas empresas que siguen los estándares publicados por PCMCIA.

De esta forma se podría obtener también utilidad Wi-Fi, Ethernet o ampliar memoria en los dispositivos embebidos con conector PC Card. El único inconveniente es el asegurarnos que se dispone del driver necesario para la operatividad de la utilidad deseada, como por ejemplo obtener Wi-Fi 802.11b con la tarjeta AIR-PCM 352 de Cisco Systems, y saber si es PC Card de 16 bits a 5 V o Card Bus de 32 bits a 3.3 V, que no estarían soportadas por ahora en la mayoría de las plataformas embebidas.

Puertos digitales

Las Entradas/Salidas (E/S) digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o poseen un nivel mínimo de tensión o no conducen señal alguna. Se manejan a nivel de bit y la información digital puede tomar dos tipos de valores: "0" ó "1". El bit es igual a "0" si no hay ningún tipo de señal presente (0 V) y es igual a "1" si se detecta un nivel mínimo de tensión, por ejemplo 3,3 V ó 5 V, que suelen ser los valores con los que trabajan la mayoría de las plataformas embebidas

distinta resolución en número de bits dependiendo del uso, siendo lo más común desde 12 bits (ejemplo chip TLV2548CPW de Texas Instruments), hasta 16 ó 24 bits para aplicaciones de instrumentación que requieran gran precisión.

Las entradas analógicas permiten que se pueda leer y trabajar con señales de tipo analógico, como pueden ser por ejemplo la temperatura, la presión o el caudal. Esta información se obtiene de los sensores, que son unos dispositivos de entrada que captan la señal analógica del exterior y devuelven un valor de tensión o corriente que se transforma en información digital.

GPRS

GPRS (General Packet Radio Service) es una tecnología europea derivada del GSM (Global System for Mobile) y corresponde a lo que se conoce como generación 2.5, correspondiendo GSM a la segunda generación en comunicaciones móviles.

Con GPRS se consigue beneficiarse

contratada por el cliente, a cualquiera de las operadoras de telefonía móvil. En GSM, por el contrario, las llamadas de datos sólo admiten CSD (1 + 1) o HCS (2 + 1, como canal de datos de alta velocidad) y no son TCP/IP.

La principal diferencia de GPRS con respecto a GSM es que GPRS funciona por *conmutación de paquetes*, en lugar de la tradicional *conmutación de circuitos* de GSM. Los datos se transfieren por paquetes entre aplicaciones cliente-servidor, como puede ser el e-mail. Estos paquetes se envían de forma asíncrona y se enrutan basados en la dirección de destino a través de una serie de nodos de red. Conviene destacar que se usan mecanismos para garantizar una transmisión fiable, como pueden ser la retransmisión de ciertos paquetes o la corrección de errores y en el destino se reúnen los paquetes para formar el contenido de datos original.

Por tanto, la conmutación por paquetes presenta unas diferencias muy significativas con respecto a los tradicionales circuitos dedicados para cada comunicación. La gran ventaja de esta nueva forma de conmutación es que con los paquetes se consigue una buena eficiencia de transferencia, frente a la baja eficiencia de la conmutación por circuitos y además, la facturación es por datos transferidos, no por tiempo. También, permite la posibilidad de estar siempre conectado a la red, lo que se conoce con el concepto «always on», pero el cual está supeditado al tráfico de la red, ya que por defecto el GPRS es best effort (mejor esfuerzo) y los parámetros de calidad de servicio (QoS) todavía no son muy significativos. También conviene tener cierto control en la aplicación para evitar la desconexión, lo cual suele venir soportado en el sistema operativo de los equipos embebidos más avanzados.

La red GPRS consiste en una actualización de la red GSM y para ello, el operador sólo ha tenido que introducir dos nuevos nodos en la red de GSM, tal y como se muestra en la siguiente figura.

Estos dos nuevos nodos son:

— *SGSN (Serving GPRS Support Node)*: se encarga de la entrega de paquetes desde y hacia los terminales móviles que están dentro de su área de servicio. Es responsable del encamina-

Las nuevas plataformas electrónicas embebidas de tamaño reducido están provocando una revolución en el mercado

simplemente utilizando por ejemplo el chip 74VHC244 para las entradas y el chip 74VHC373 para las salidas. También existen tarjetas de expansión adicionales para conseguir trabajar con otros rangos de voltaje mayor, por ejemplo hasta 220 V para aplicaciones domóticas, con entradas optoacopladas y salidas controladas por relés o en configuración de bobina y triac.

Puertos analógicos

Las señales analógicas son las que varían en función del tiempo adquiriendo valores dentro de un intervalo continuo. La información analógica puede tomar infinitos valores y se puede adquirir con

de todas las ventajas de la transmisión de datos en movilidad, mejorando la eficiencia, la velocidad y la comodidad de las comunicaciones. La velocidad máxima teórica de conexión puede llegar a los 80 Kbps por canal, 12 veces más que la permitida por la red GSM, aunque actualmente en media no suele superar los 10 Kbps de tasa de transferencia real en el enlace ascendente (uplink) que suele ser sólo 1 canal, mientras que en enlace descendente (downlink) suele haber 4 canales. Los módulos disponibles suelen ser de clase 8 (4 + 1, 4 canales descendentes y 1 canal ascendente) o clase 10, que es 4 + 2, aunque siempre existe la posibilidad de reservar ancho de banda con el servicio Frame Relay, pagando una cuota mensual en función de la capacidad

Muchas personas coleccionan sellos de correos, en una gran variedad de temas y formas. Según el asunto reflejado, los sellos tienen un fondo cultural y proporcionan auténticas lecciones de diseño gráfico.

En el reportaje, el autor hace una pequeña descripción de los que muestran algún motivo técnico relacionado con las Telecomunicaciones.

LAS TELECOMUNICACIONES EN LOS SELLOS DE CORREOS DE ESPAÑA

José Luis Ausín Ruiz. *Ingeniero Técnico de Telecomunicación*

TELÉGRAFO Y TELÉFONO

En el inicio del servicio público del telégrafo, los telegramas se pagaban con sellos, de forma similar a las cartas. Para ello se emitieron sellos (desde 1864), que no tenían ningún tema alusivo al medio técnico: se incluía la palabra «Telégrafos», acompañando al retrato del monarca reinante o el escudo de España. También se emitieron sellos de Barcelona sobrecargados con la misma leyenda. La última emisión de sellos de Telégrafos fue la de 1949, siendo suprimido su empleo en 1951.

El primer sello de correos de España, con un tema de telecomunicación fue puesto en circulación el 8 de diciembre de 1955. Es una serie de tres ejemplares, con la misma figura (Sello 1), diseñada por Fernando Jesús. Con esta serie se conmemoraba el primer centenario del telégrafo en España; precisamente, este año de 2005 cumple los 150 años. El tema es una alegoría a la telecomunicación, que abarca más que el telégrafo, pues, además de aisladores para las líneas, aparecen una antena radiante y varias constelaciones de estrellas, en las que claramente se ve una de las Osas. Todo ello, le confiere un cierto aire mágico.

La primera línea telegráfica de España (la de Madrid-Irún, por Zaragoza y Pamplona) quedó terminada en 1855, un año después de empezar las obras y una inversión de 2 millones de reales (1 real = 0,25 pesetas). La dirección del proyecto del telégrafo la llevó a cabo José María Mathé Aragua, después de estudiar los sistemas telegráficos de varios países europeos. Los aparatos seleccionados fueron el segundo modelo de Wheatstone. El telégrafo en España, al igual que

El Sello 2 se emitió el 3 de marzo de 1996, conmemorando el 150 Aniversario de la línea telegráfica-óptica Madrid-Irún. En el figura un retrato de José María Mathé Aragua (1800-1875), Coronel del Estado Mayor, y el detalle de una torre de telégrafo óptico. En 1845, el Gobierno español sacó a concurso el telégrafo óptico, que fue ganado por Mathé dando comienzo a la línea Madrid-Irún y luego Madrid-Barcelona. Desde 1831 existía la línea de telégrafo óptico entre

El primer ejemplar con un tema específico del sector fue puesto en circulación en España el 8 de diciembre de 1955

en otros países tuvo buen desarrollo gracias al ferrocarril; en la década de 1860 contaba con unas 200 estaciones y algo más de 10.000 km de líneas, que comunicaban Madrid con todas las capitales de provincia de España. Curiosamente, este sello de 1955, tiene continuidad con el emitido en 1996, por el aniversario del telégrafo óptico, en el que se rinde homenaje a José María Mathé.

Madrid-Aranjuez, y más tarde las de Madrid-San Ildefonso y El Pardo-Carabanchel Alto. Todas ellas de uso exclusivo de la familia real. En 1854 existían varias líneas ópticas; precisamente cuando ya en otras naciones se establecían líneas eléctricas. La telegrafía óptica regular subsistió en España, hasta que se sustituyó por la telegrafía eléctrica, de 1854 a 1857. En 1988, el 5 de mayo, se emite un sello, pa-

TELÉGRAFO Y TELÉFONO



Sello 1. Año 1955. Telégrafo



Sello 2. Año 1996. Telégrafo



Sello 3. Año 1965. Telégrafo y Radio



Sello 4. Año 1981. Telégrafo



Sello 5. Año 1976. Teléfono y Radio

ra conmemorar la implantación del telégrafo óptico en Filipinas. Este sello no se reproduce, por no tener su dibujo, ningún tema técnico alusivo.

El Sello 3 vio la luz el día 17 de mayo de 1965, Centenario de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Es una composición alegórica del centenario propuesta por esa Organización, en el que figura: el emblema de la misma; un poste telegráfico y 1865, como inicio de la andadura; y unas antenas Yagi y parabólica y 1965, a modo de camino recorrido.

El origen de la UIT data de 1865, cuando se funda en París la Unión Internacional de Telégrafos (International Telegraph Union), adoptando en 1934 su nombre actual. A la UIT pertenecen la mayoría de los países del mundo. Su principal función es regular la asignación de frecuencias electromagnéticas que corresponde a cada país. Está compuesta de varios organismos, como el Registro de Frecuencias y los Comités Consultivos de Radio, TV, Telégrafos y Teléfonos. En 1947 pasó a ser un Organismo de las Naciones Unidas y su sede radica en Ginebra.

El Sello 4 se emitió el 30 de noviembre de 1981, en una hoja bloque de cuatro y dos sellos, sobre el Museo Postal y de Telecomunicación. El motivo de unos

de los ejemplares se refiere a un telegrafista operando en su estación. Puede apreciarse parte de su uniforme reglamentario; dos bandas de galones en la parte derecha, que variaban, en nueve escalones, según el cargo de los funcionarios de Telégrafos, desde Oficial de Tercera a Inspector Jefe de Sección; y en la estación, el manipulador para pulsar las señales Morse y el receptor impresor que puede ser el del sistema Morse-Digney.

El Sello 5 apareció el 10 de marzo de 1976, el mismo día en que se cumplía el centenario de la primera transmisión telefónica de la voz humana. Conmemora el centenario del teléfono como invento (1876-1976). En el sello figuran: un retrato de Alexander Graham Bell (1847-1922); un dibujo del primer teléfono, presentado como croquis del invento en la solicitud de patente por parte de Bell; una antena parabólica de comunicaciones radiotelefónicas y un teléfono de teclado, que para el año 1976 era novedoso, pues comenzaba a sustituir a los de marcar los números de teléfono, por medio de un disco giratorio. El teléfono en España comenzó a regularse, seis años más tarde del invento, por RD de 16 de agosto de 1882.

En el año 2001 se emitió un sello como inicio de la transformación de Correos en una sociedad anónima estatal,

denominada Sociedad Estatal de Correos y Telégrafos. Este cambio viene impuesto principalmente por la liberación del sector postal en Europa. Como se ha indicado anteriormente, el servicio telegráfico estaba incluido en Correos. El sello no representa ningún motivo técnico alusivo al telégrafo, pues sólo figura la corneta de posta y la corona real.

RADIO Y TELEVISIÓN

El Sello 6, de correo aéreo, está fechado en 1955. Aunque no exhibe ningún tema de telecomunicaciones, en el ejemplar figura el retrato de Leonardo Torres Quevedo (Cantabria 1852-Madrid 1936), según grabado de Sánchez-Toda. Creo obligada su inclusión, porque este fecundo inventor desarrolló y patentó en 1903 el primer mando a distancia del mundo de un vehículo dirigido por ondas de radio, al que llamó telekino. Otros de sus inventos también tienen que ver con los conocimientos de nuestra profesión, como robots y calculadoras. Todas estas innovaciones funcionaban sin circuitos por medio de relés, electroimanes e ingeniosos mecanismos, igualmente, ideados por él.

El Sello 7, con temas de telecomunicaciones, es el emitido el 1 de abril de

1964, en una serie en la que se destacaban los logros técnicos y sociales. En su diseño podemos ver alegorías a las ondas de radio; así como una antena de TV y una antena parabólica, todo ello como símbolo del avance de las comunicaciones por ondas de radio; y el conjunto, enmarcado en un formato de pantalla de un receptor de televisión, que por esos años empezaba a generalizarse.

El Sello 8, junto con otro, se emiten en 1979, el 17 de mayo Día Mundial de las Telecomunicaciones. Esta emisión se denomina Telecomunicaciones Para Todos. El Sello 8, reproduce la idea recomendada por la UIT, con los colores del arco iris, (el espectro de radiofrecuencias)

Uno de los sellos exhibe el arco iris que simboliza el espectro de radiofrecuencias y unas figuras que aluden a la universalidad de las telecomunicaciones

aludiendo así a la universalidad de las telecomunicaciones; también figura el anagrama de la UIT. El otro sello de esta serie, el Sello 15, está incluido en el apartado de Satélites de Comunicaciones.

En 1983, Año Mundial de las Comunicaciones, sale a la luz un ejemplar representando una Alegoría de las Comunicaciones, con una idea similar a la del Sello 8.

El Sello 9 se emitió el Día de las Telecomunicaciones, el 17 de mayo de 1993, bajo el lema Telecomunicaciones y Desarrollo Humano, diseñado por el De-

RADIO - TV



Sello 6. Año 1955. Radiocontrol



Sello 7. Año 1964. Radio-TV



Sello 8. Año 1979



Sello 9. Año 1993. Radio-TV



Sello 10. Año 1998. Radio



Sello 11. Año 1999. Radio



Sello 12. Año 2000. Radio



Sello 13. Año 2002. Radio



Sello 14. Año 2002. TV

SATÉLITES DE COMUNICACIONES



Sello 15. Año 1979. Satélites de Comunicaciones



Sello 16. Año 1990. Satélites de Comunicaciones



Sello 17. Año 1991. Satélites de Comunicaciones



Sello 18. Año 1991. Satélite de Comunicaciones

partamento de Imagen de Correos y Telégrafos. Su diseño esquemático es una alegoría genérica a las comunicaciones, con un mapa de parte de Europa y África y unas cartas. La idea pretende representar el desarrollo de las telecomunicaciones, con los bosquejos de una torre de antena y una pantalla de televisión.

El Sello 10 nació el 5 de noviembre de 1998, por el X Aniversario de la Base Antártica Española Juan Carlos I. Su origen no es la telecomunicación, pero, no he podido sustraerme a incluirlo porque el motivo del sello, incluye unas antenas de radio de la Base, situada en la isla Livingston, en las Shetland del Sur, a 62°39' L. Sur y 60°23' L. Oeste. Sus sistemas de radio tienen capacidad de comunicación de voz, fax y datos de alta velocidad. También cuenta con equipos de HF y otro de VHF, para comunicarse con buques y otras bases. Las comunicaciones telefónicas y el acceso directo a las redes mundiales de telecomunicación se realizan a través de satélite.

El Sello 11 se emitió el 16 de abril de 1999, conmemorando el 50 Aniversario de la fundación de la Unión de Radioaficionados Españoles, URE. El diseño del sello, lo realizó el radioaficionado Evaristo Palacios Yuste (EA4WP). En el sello podemos ver, el

emblema de la URE; una antena con su torre; un micrófono y un manipulador, indicando así las dos formas de transmitir los radioaficionados: voz, —fonía— y telegrafía, —grafía—; unas ondas y la bandera de España.

El radioaficionado, es el que emplea y usa estaciones experimentales de emisión y recepción, sin ánimo de lucro. Definición establecida oficialmente, en el Congreso Jurídico Internacional de TSH, de Roma, en 1928. La radioafición española tiene sus antecedentes en Radio Club España, primera asociación fundada el 1 de octubre de 1922.

La URE se funda el 1 de abril de 1949, si bien, su verdadero inicio data de 1925, año en que se crea en París la International Radio Amateur Union (IARU), fundación en la que están presentes los precursores de la actual URE. La URE es una asociación reconocida de Utilidad Pública desde diciembre de 1967; colabora, de forma no lucrativa con Cruz Roja y Protección Civil, ayudando en multitud de labores humanitarias: desastres naturales y otras emergencias. Además, los radioaficionados fueron los impulsores técnicos de la radiodifusión en España. De la URE es presidente de honor el rey Don Juan Carlos (EA0JC).

El Sello 12 apareció en octubre de 2000 como homenaje a la radiodifusión. Es un componente de una serie de sellos en hojas bloque, dedicada a la Exposición Mundial de Filatelia España 2000 y en la que se recuerdan a diversas personalidades, vivas, del mundo artístico y deportivo.

En la hoja bloque, soporte del Sello 12 y que no se usa para el franqueo, figuran los retratos de cuatro importantes periodistas del mundo radiofónico. En el sello, empleado para el franqueo, podemos ver una antena y un receptor de radio de válvulas electrónicas, de los usados hasta poco más de la mitad del siglo pasado. Las primeras emisoras de radiodifusión de España fueron inauguradas entre finales de 1923 y 1925: en Madrid, Radio Ibérica; Radio Barcelona, EAJ 1 y Radio Asturias.

En esta misma serie hay un sello dedicado a la televisión, en el que figuran los anagramas de las cadenas TVE1, Tele 5 y Antena 3. En 1948, se realizaron las primeras pruebas de la TV en España, por Philips Ibérica en la Feria de Muestras de Barcelona. Televisión Española, nació oficialmente en 1956. Este sello, además, conmemora el 150 aniversario del primer sello español. Ambos, el de la radio y de la televisión,

reflejan los aspectos culturales, informativos y de ocio que proporcionan las cadenas televisivas.

Los Sellos 13 y 14 fueron emitidos en unas hojas bloque con motivo de la Exposición Mundial de Filatelia Juvenil de Salamanca 2002. La idea general de su diseño es similar a la anterior. El Sello 13 se centra en la radio, con un receptor de los años 1930-40, unos auriculares, y los anagramas de RNE, SER, ONDA CERO y COPE. El Sello 14 muestra un receptor de televisión. En su dibujo aparecen los nombres de tres series televisivas de gran audiencia e incide en la influencia social de la radio y la televisión.

SATÉLITES DE COMUNICACIONES

El Sello 15 se emitió, al igual que el Sello 8, el 17 de mayo de 1979. Muestra un satélite de comunicaciones, una antena parabólica, el anagrama de la UIT y porciones de círculos a modo de ondas. La antena parabólica es una de las grandes antenas de la Estación de Comunicaciones por Satélites Espaciales, en la carretera de Buitrago a Gandullas (Madrid) pertenecientes a Telefónica. Este complejo empezó a funcionar en 1968 y fue ampliado en 1970 y 1974, completando el programa de comunicaciones transoceánicas.

El satélite que figura en el Sello 15 es el Intelsat IV, de International Telecommunications Satellite Organization). Es una agencia internacional que nace en 1964, con sede en Washington. En 1965 lanzó su primer satélite, Intelsat I, conocido como *early bird*, pájaro del alba. Participan en esta agencia la mayoría de los países del mundo. Cuenta con unos 20 satélites y 180 estaciones de seguimiento, más de 250.000 líneas telefónicas y casi medio centenar de canales de TV.

El Intelsat IV, fue lanzado el 25 de enero de 1971 desde cabo Kennedy con capacidad de varios miles de conversaciones telefónicas simultáneas a través del Atlántico. El Intelsat IV fue el primer ingenio orbital que direccionaba las ondas hacia el lugar deseado de la Tierra, frente a los anteriores que radiaban en todas direcciones del espacio.

CINEMATÓGRAFO: ACÚSTICA Y ELECTROACÚSTICA



Sello 19. Año 1995. Acústica y Electroacústica

El Sello 16, diseñado por Mariano Salamanca, se emitió el 17 de mayo de 1990, conmemorando el 125 Aniversario de la UIT. En su diseño se aprecia el Satélite Español de Comunicaciones Hispasat I, el anagrama de la UIT y una detalle de la Tierra. La construcción del Hispasat se autorizó en el Consejo de Ministros del 7 de abril de 1989. Meses más tarde, se creó la Sociedad Hispasat, de igual nombre que sus satélites.

El objetivo de la Sociedad Hispasat, es proporcionar un servicio de telecomunicaciones de España con América, Europa, y norte de África. Dispone de miles de conversaciones telefónicas simultáneas, y gran número de canales de televisión y radiodifusión.

El primer satélite Hispasat fue lanzando al espacio por el cohete Ariane IV, el 10 de setiembre de 1992, año del V Centenario del Descubrimiento de América, desde Kourou, Guayana Francesa. Fue situado en la órbita geoestacionaria de unos 36.000 km a 30° oeste respecto al meridiano de Greenwich. Con este satélite España ingresaba en el reducido grupo de ocho países que contaban con comunicaciones por satélite. Con un coste de 59.000 millones de pesetas, el ingenio espacial fue construido por la empresa francesa Matra. En años posteriores se lanzaría cinco satélites Hispasat más.

Los Sellos 17 y 18, una serie de dos que se emitieron el 28 de mayo de 1991, fueron diseñados por Mariano Salamanca

Castrejón. El 17 muestra un detalle de las antenas de la estación de seguimiento de satélites, INTA-NASA, en Robledo de Chavela, Madrid, empleadas para la investigación del espacio profundo, en inglés, DSIF (Deep Space Instrumentation Facilities). Inaugurada en 1965, dicha instalación desempeñó un importante papel como centro de seguimiento de las misiones tripuladas a la Luna y también las que se han realizado a Marte. Otras estaciones de seguimiento de satélites son las de Villafranca del Castillo, VILSPA, en Villanueva de la Cañada, Madrid y la de Cebreros, Ávila, de gran importancia en la red mundial de estaciones de seguimiento.

El Sello 18 exhibe al OLYMPUS-1, de la Red Europea de Comunicaciones por Satélite, European Communications Satellite (ECS) perteneciente a la European Space Agency (ESA), creada en 1975, e integrada por la mayoría de naciones de la UE, además de Suiza y Canadá. España pertenece a ESA por medio del CDTI, Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial. Era el mayor satélite de comunicaciones europeo y daba servicio a varios canales de televisión. El Satélite Olympus-1 fue lanzado desde la base de Kourou, en la Guayana Francesa, el 19 de julio de 1989, por medio de un cohete Ariane 3.

ACÚSTICA Y ELECTROACÚSTICA

El Sello 19 vio la luz el 12 de mayo de 1995. Su diseño conmemoraba el primer centenario del Cinematógrafo (el 22 de marzo de 1895 tuvo lugar la primera proyección, en París). El tema no es de telecomunicaciones, pero sí tiene que ver con especialidades de nuestra profesión como la Acústica y la Electroacústica, razón por la que le he incluido. El diseño del sello es de José Luis Suárez en el que figura un retrato de los hermanos Lumière, a la izquierda Louis Jean (1864-1949) y a la derecha Auguste Marie (1862-1954). El hecho de que aparezca un microscopio puede deberse a que, aparte de que los dos hermanos eran químicos, Auguste era también un reputado biólogo. ●

En los últimos diez años hemos asistido a una serie de cambios tecnológicos que han cambiado poderosamente nuestras vidas.

Quizá los más obvios sean la aparición de Internet y la proliferación de la telefonía móvil. Todo ello ha repercutido en los medios de pago, nuevas formas de vender generan nuevas formas de comprar... y nuevas formas de pagar.

Nuevos medios de pago. Más allá del dinero de plástico

José David Santaolalla del Pozo. *Ingeniero Técnico de Telecomunicación*

EL DINERO DE PLÁSTICO SE HACE ELECTRÓNICO

Allá por 1997 se empezó a oír hablar del «monedero electrónico». Se trataba de una iniciativa que pretendía, nada más y nada menos que eliminar la calderilla. Físicamente, se dotaba a la tarjeta bancaria de un «chip» que permitía resolver transacciones de importe pequeño sin necesidad de contactar con la entidad emisora. Los visionarios ya nos veían usar este monedero para «comprar el periódico y la barra de pan»; es decir, el fin de las monedas.

La idea era buena, el monedero se cargaba en un cajero, con la cantidad deseada. Luego se iba gastando a voluntad, pudiendo posteriormente volver a cargarse o descargarse también en cajero. El problema fue la falta de terminales en los que utilizarla. El coste de los terminales impidió que se generalizara su uso en kioscos y tiendas. Al final, el monedero quedó relegado a las cabinas telefónicas, los taxis en alguna gran ciudad y entornos restringidos en campus universitarios (cafetería, fotocopias, reserva de canchas, etc.).

INTERNET Y LA SEGURIDAD

Paralelamente, se fue desarrollando y divulgando la «red de redes». Internet se expandía y llegaba a los hogares para ofrecernos información, comunicación y ser-

vicios. Estos últimos dieron paso al «comercio electrónico»: el negocio en la red. Siempre se ha podido pagar por transferencia bancaria o contra reembolso, pero nada resulta tan cómodo como pagar con tarjeta. Sólo tienes que teclear los dieciséis dígitos de la Visa y ya está. Pero, ¿y la seguridad? Cualquiera puede ver mi tarjeta, cualquiera puede usar mi tarjeta.

Para evitar el fraude se han propuesto diversas soluciones.

— Tarjeta virtual de un solo uso: la entidad financiera genera un número de tarjeta asociado al titular, esta tarjeta no existe físicamente, sólo su número. El titular la usa una sola vez, después de la cual se bloquea automáticamente.

— Tarjeta virtual recargable: parecida a la anterior. Nace con saldo cero, es el titular el que la «carga» con el importe que necesite para la compra. Se puede reutilizar volviendo a cargarla y descargándola cuando no se use.

— Presencia del plástico: para comprobar que el usuario está en posesión del plástico (no sólo tiene el número, que puede haber obtenido por cualquier otro método) se pide la introducción de la fecha de caducidad. Para mayor seguridad se pide otro dato: el CVV2, que va impreso junto a la zona destinada a la firma. Este código se genera con unas claves que sólo conoce la entidad emisora y es único por tarjeta.

— Autenticación del usuario por teléfono móvil: esta solución proponía aso-

ciar la tarjeta a un número de teléfono. Cuando la tarjeta compra por internet, la entidad emisora contacta con el titular vía teléfono móvil. Es el titular el que debe dar la conformidad de la compra.

— Autenticación del usuario por clave: denominado «comercio electrónico seguro». Consiste en que el titular crea una clave («password») que sólo él y su entidad conocen. En cada compra, para verificar al usuario, se le pide esa clave. El titular puede cambiar la clave cuantas veces quiera (si sospecha que se la pueden «cazar»).

OTROS MEDIOS DE PAGO

Utilizando la misma infraestructura del pago con tarjeta, que tan bien ha funcionado, se han desarrollado otros medios de pago que en el fondo no dejan de ser el mismo. En este caso lo que cambia es el soporte físico.

El pago por móvil aprovecha el hecho de que todos tenemos uno. Y que es casi más fácil salir a la calle sin ropa que salir sin móvil. El funcionamiento es sencillo, se asocian una o varias tarjetas al móvil. A la hora de pagar no damos el número de tarjeta sino el de móvil. La entidad bancaria contacta con el móvil y le ofrece un «menú» de tarjetas y pide confirmación (y un código personal). El resto es la transacción de tarjeta de toda la vida.

Otro dispositivo que hace uso de la infraestructura de la tarjeta es el empleado para el pago de peaje en autopistas. En

este caso se trata de un pequeño aparato emisor-receptor, que se acopla al vehículo. Como siempre, va asociado a un número de tarjeta. Al paso por el peaje, se inicia una conversación entre el aparato a bordo y el equipo de pista o equipo fijo. El protocolo sirve para identificar y autenticar a las partes, y una vez superado, se envían los datos para el pago, que se basa otra vez en el número de tarjeta.

Este sistema pretende implantarse a nivel europeo, permitiendo así viajar por todo el continente sin parar en ningún peaje. Incluso se habla de que el emisor-receptor venga de serie en los vehículos.

En cuanto a la seguridad existen tres niveles para controlar el fraude:

a) Certificación de datos. La entidad emisora graba un dato fijo individualizado. Este dato permite al emisor validar la autenticidad del usuario.

b) Autenticación por el emisor. El aparato calcula un dato encriptado único por operación. Sólo el emisor conoce las claves para validar los datos de la transacción.

c) Autenticación por el concesionario. En este caso es el equipo de pista del concesionario el que pide al aparato que encripte un determinado valor aleatorio.

DE LA TARJETA DE BANDA A LA DE CHIP

La tecnología de banda se está quedando obsoleta, si no ha se quedado ya. Hoy en día es facilísimo falsificar una tarjeta. Copiar el plástico, duplicar la banda.

Poco a poco se han añadido medidas de seguridad para evitar el fraude, pero casi todas han sido medidas «manuales»:

- Verificar que la firma del recibo coincide con la de la tarjeta,
- Pedir el DNI y comparar el nombre,
- Comparar también la firma del DNI,
- Verificar la foto del DNI.

Pero si se falsifica una tarjeta también se puede falsificar un DNI. O mejor, crear una tarjeta para un DNI en particular.

La solución: una tarjeta con tecnología más compleja y más difícil de copiar.

Por otra parte, en Europa existe otro problema añadido. Allí la tecnología que se implantó es anterior al «boom» de las comunicaciones. Por eso, su infraestructura se basa en transacciones «offline».



Al final del día el comercio envía una «colecta» con las operaciones realizadas. El fraude proviene de la falta de control (saldo, bloqueos, autenticidad) ya que el terminal no está conectado con la entidad emisora en el momento en el que se lleva a cabo la transacción.

La solución: una tarjeta inteligente capaz de controlar las operaciones «offline».

En ambos casos llegamos a la tarjeta «chip». Una tarjeta que lleva un pequeño procesador. Este procesador no se «copia», en todo caso se le dan órdenes y ofrece respuestas. Además, es capaz de realizar comprobaciones del titular y del terminal. Y de encriptar los datos de la compra para que sólo la entidad emisora los pueda leer.

La tarjeta inteligente puede funcionar en modo no conectado («offline») llevando el control del saldo dispuesto, aplicando criterios diferentes según el tipo de terminal en el que opera, el importe de la transacción, si es una compra o una disposición de efectivo, dependiendo del sector de actividad del comercio, etc.

Otra ventaja es la posibilidad de añadir aplicaciones al chip. En una misma tarjeta física podemos agrupar varias tarjetas bancarias, datos del DNI, de la Seguridad Social, una aplicación de firma electrónica, expediente universitario, datos de fidelización (y no me extrañaría que, con el tiempo, juegos, tonos y melodías...).

Los grandes sistemas internacionales de medios de pago: Europay, Mastercard y Visa se han reunido y han definido el estándar EMV (iniciales de los tres sistemas), para regular la operativa con tarje-

ta inteligente. Y que sea posible que cualquier tarjeta EMV pueda operar en cualquier terminal EMV.

El calendario de migración de la banda al chip contemplaba el 2005 como año de entrada en funcionamiento de la tarjeta EMV a nivel Europeo (los americanos no están todavía muy convencidos). En España, debido al menor nivel de fraude, las entidades han decidido darse margen hasta el 2008, en el que se pretende tener todo operativo.

Es un reto tecnológico y una fuerte inversión por parte de las entidades, que tendrán que adaptar todos sus cajeros así como los terminales punto de venta (TPVs, también llamados «datáfonos») de sus comercios.

En principio la transición ha de ser suave y progresiva. La tarjeta chip puede inicialmente trabajar también con banda (fallback). Es una tarjeta mixta banda-chip compatible con la vieja «sólo banda». El modo de funcionamiento dependerá de las capacidades del terminal en el que opere. Pero, aún funcionando con el chip, debe de comportarse igual de bien que las probadas transacciones de banda.

CÓMO ES UNA TRANSACCIÓN EMV

Los pasos para llevar a cabo una transacción EMV son más complejos que los de una transacción de banda. En esta última, tras leer la banda y teclear el importe, el terminal tan sólo empaqueta los datos y se los manda al centro autorizador. En el caso de que tanto el terminal



como la tarjeta tengan un procesador, la cosa cambia. Estos son los pasos:

— Lectura de la tarjeta. El terminal trata de conectar con el chip, se activan los contactos y se inicia el protocolo (tensiones, frecuencias, etc.). Si no se llega a buen término se produce el «fallback» y se pasa a la lectura de banda, continuando como una transacción de las antiguas.

— Selección de aplicación. En el caso de chip «multiaplicación» tarjeta y terminal se tienen que poner de acuerdo en las aplicaciones comunes, que ambos son capaces de tratar. En último término es el usuario el que elige la aplicación a utilizar en ese momento.

— Se inicia la aplicación y se leen los datos de la misma.

— Autenticación Tarjeta-Terminal. Existen tres métodos para autenticar a la tarjeta: autenticación estática, en la que la tarjeta proporciona un dato fijo encriptado con una clave de entidad que el terminal conoce; autenticación dinámica, en la que el terminal envía un «desafío» variable para que la tarjeta lo encripte; autenticación combinada, en la que se usan ambos métodos. Se usará el de nivel más alto de los que ambos puedan usar.

— Verificación del titular. Entre tarjeta y terminal deciden el método a emplear: PIN (número secreto) offline, PIN online, sin PIN, etc. La tarjeta maneja una lista de

métodos preferidos ordenados de mejor a peor. Tratará de usar el más favorable.

— Verificación de parámetros de riesgo. Tanto el terminal como la tarjeta, cada uno por su parte, analizan los importes y los saldos en virtud de los parámetros asignados por tipo de transacción, de sector de actividad del comercio etc.

— Se procesa la transacción, enviando los datos al emisor. La tarjeta ha generado un «criptograma» que permitirá al emisor asegurarse de la autenticidad de la tarjeta.

— Envío de «scripts». En la contestación, el emisor puede enviar un bloque de instrucciones o «script» para actualizar los datos del chip de la tarjeta. La tarjeta analiza y ejecuta esas instrucciones.

CLAVES EMV

La capacidad de proceso de una tarjeta inteligente permite el uso de encriptación. EMV utiliza tanto encriptación simétrica como asimétrica. En el primer caso, simétrica, se definen tres claves:

— Clave de MAC. Empleada para el cálculo del MAC (Message Authentication Code), un código que se añade a los datos del mensaje y sirve para validar la integridad de éste.

— Clave de criptograma. El criptograma es el mensaje en sí. Va encriptado y sólo el receptor (el centro autorizador

en la ida; y la propia tarjeta en la vuelta) será capaz de descifrarlo.

— Clave de Scripts. En caso de enviar bloque de Scripts, el emisor lo encripta con una tercera clave, de forma que sólo la tarjeta pueda recibirlo.

En cuanto a las claves asimétricas, estas se emplean para la generación de certificados. Certificados que se van a usar en la fase de autenticación de la tarjeta. También tenemos tres pares privada/pública:

— Clave de marca. La genera la marca: VISA o Mastercard. Con ella, la marca certifica los datos de entidad. Todos los terminales homologados EMV deben poseer la clave pública correspondiente a la o las marcas que admitan.

— Clave de entidad. Generada por la entidad emisora de la tarjeta, la pública es certificada por la marca a la que pertenece la tarjeta. El certificado, que se deposita en la tarjeta, podrá ser leído por terminales homologados por esa marca, que así verificarán la autenticidad de la tarjeta. La tarjeta le envía al terminal el dato estático encriptado y el certificado. El terminal obtiene del certificado la clave pública de entidad con la que desencriptar y validar el dato estático.

— Clave individual de tarjeta. La entidad emisora certifica esta clave con su clave de entidad. En el caso de autenticación dinámica, el terminal ofrece un «desafío» y recibe el certificado de entidad y el resultado del desafío. Ha obtenido la clave pública de entidad como en el paso anterior. Con esa clave obtiene del último certificado la pública de la tarjeta, que le permitirá a su vez validar el desafío. ●

ENLACES

Monedero electrónico:

— TIBC:

<http://www.sermepa.es/TECNOL/TECN OCHIP/TIBC.htm>

Comercio electrónico seguro:

— Verified by Visa:

<http://www.visaeu.com/spainvbv/>

— Mastercard Securecode:

<http://www.mastercardmerchant.com/securecode/>

Pago por móvil:

— Mobipay: <http://www.mobipay.es/>

Peaje de Autopista:

— Via-T: <http://www.viat.es/>

Tarjeta inteligente:

— EMV: <http://www.emvco.com/>

SERVICIOS DEL COITT/AEITT



Aparte de las innumerables actividades que realiza el Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT) y la Asociación Española de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (AEITT), ambas instituciones ofrecen un amplio abanico de servicios a los Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, tales como:

Bolsa de Trabajo.

Cursos y seminarios con becas para los que estén sin trabajo.

Publicaciones (revista *Antena*, donde podéis escribir vuestros artículos y ser remunerados, *Boletín informativo*, *Manuales Técnicos*, *Directorio profesional*, etc.).

Cátedras, Programas Master y Cursos de Verano.

Asesoría Jurídica.

Asesoría Fiscal.

Asesoría Técnica.

Tramitación del certificado de EUR-ING.

Actos culturales y sociales.

Premios fin de carrera.

Premios nacionales (liberalización de las telecomunicaciones).

Sociedades médicas.



Seguro de vida colectivo.

Servidor Gratuito y Noticias Diarias.

Vacaciones gratuitas.

Campamentos de verano.

Acuerdos con entidades bancarias, etc.



VISADO DE PROYECTOS

Los Profesionales del Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación (COITT) están facultados para:

Realizar dictámenes peritaciones y certificaciones de emisiones radioeléctricas, Infraestructuras Comunes de Telecomunicación (Proyectos de ICT), mediciones de ruido, insonorización acústica, emisiones de TV u ondas terrenas o cables, sistemas de megafonía, redes privadas de voz y datos y sistemas de comunicación por satélite, entre otros.

Para solicitar peritos o temas de cualquier provincia dirigirse a la Secretaría Técnica del Colegio: Teléfono 91 536 37 87
email: sec.technica@coitt.es