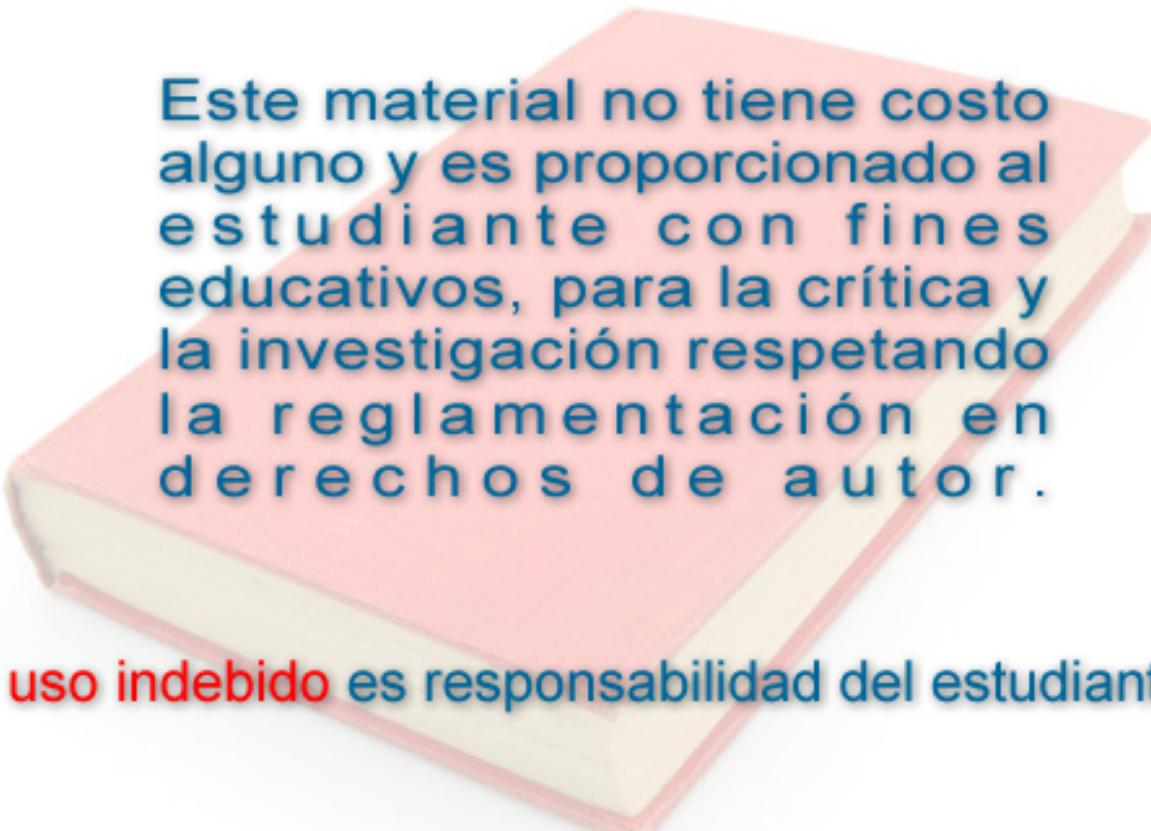




UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

 UEGVIRTUAL | Bibliotecas



Este material no tiene costo alguno y es proporcionado al estudiante con fines educativos, para la crítica y la investigación respetando la reglamentación en derechos de autor.

El uso indebido es responsabilidad del estudiante.

Sistema de Universidad Virtual

acceso a su servicio de transmisión de datos con una tasa de error determinada. De esta forma, si queda fijada la calidad del servicio en una tasa de error de 10^{-6} , significa que por cada millón de bits transmitidos existirá, por término medio, un bit que será erróneo. La tasa de error depende principalmente de la calidad de la infraestructura de transmisión y conmutación por los que pasa la señal de información transmitida.

2.7.5. Software de control. Comandos HAYES

Casi todos los módems de red conmutada disponen de las facilidades de respuesta y marcación automática, que les permiten conectarse cuando reciben una llamada y proceder a la marcación de cualquier número previamente grabado o que le indique el terminal. Gracias a estas funciones se pueden realizar automáticamente todas las operaciones de establecimiento de la comunicación. El software de los diferentes programas de comunicaciones (Procomm, Crosstalk, Laplink, etc.) contempla estos procedimientos para el establecimiento automático del enlace.

Las recomendaciones del CCITT que regulan el proceso son las definidas por V.25 y V.25bis. El intercambio de tonos se refleja en una variación de los estados de las señales de control del módem (DCE) que tienen su correspondencia en las correspondientes del terminal (DTE), iniciándose el diálogo de datos seguidamente.

Además de las recomendaciones de la UIT-T, hay que mencionar los denominados comandos **HAYES** (introducidos por primera vez a principios de los 80), que permiten controlar la totalidad del proceso de comunicación desde la pantalla del ordenador. Estos comandos también reciben el nombre de AT (de ATención), existiendo numerosas versiones extendidas de los mismos, lo que crea cierta confusión al no ser totalmente compatibles con la versión reducida y/o entre ellos. Una vez escrito el comando, hay que pulsar la tecla de retorno de carro (simbolizada por <CR>) para proceder a su ejecución.

Los comandos Hayes se expresan mediante caracteres ASCII y son interpretados por el módem a medida que los recibe, emitiendo como respuesta los caracteres OK, valores numéricos u otro tipo de mensajes. Su formato es el siguiente:

AT COMANDO <CR> en donde <CR> es Retorno de Carro

con la única excepción de los comandos <A> (reejecución del último comando) y <++> (secuencia de escape), que no deben ir precedidos por el prefijo AT ni seguidos del sufijo <CR>. Así, por ejemplo, ATD123 significa: Atención marcar 123 (*ATtention Dial 123*) y ATA significa: Atención responda (*ATtention Answer*).

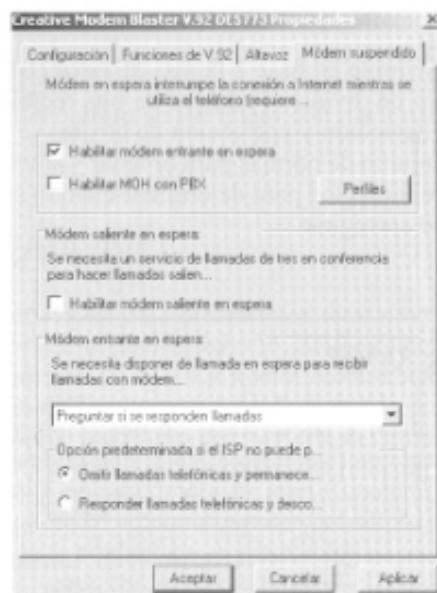
Todos los comandos AT comienzan con la secuencia de dos letras AT (de Attention) y finalizan con un retorno de carro (<Enter>). Algunos de los principales comandos son los que se representan en la tabla de la figura 2.13.

Comando	Función
ATA	Sitúa al módem en modo respuesta.
ATE	Conmuta el eco de comandos en pantalla a ON/OFF.
ATDP	Seguido de un número telefónico, hace que el módem marque el número especificado en marcación por pulsos.
ATDT	Seguido de un número telefónico, hace que el módem marque el número especificado en marcación por tonos.
ATH	Produce el corte de la comunicación.
ATL	Controla el volumen del altavoz del módem. ATL0, es la posición más silenciosa, y ATL3 la más fuerte.
ATN	Fija el enlace del módem en función de la velocidad del terminal.
ATQ	Control de mensajes de error y estado de la transmisión.
ATZ	Inicializa el módem y asigna valores por defecto.

Figura 2.13. Tabla que muestra algunos de los comandos AT más comunes.

Efectúese la configuración de un módem para su acceso a Internet.

La configuración del módem se realiza desde el panel de control de Windows. Normalmente el sistema entiende dicha conexión y el software proporcionado por el fabricante ayuda a solucionar los problemas que pudieran surgir. Una vez instalado, se puede dejar la configuración predeterminada por omisión, según se muestra en la siguiente figura:

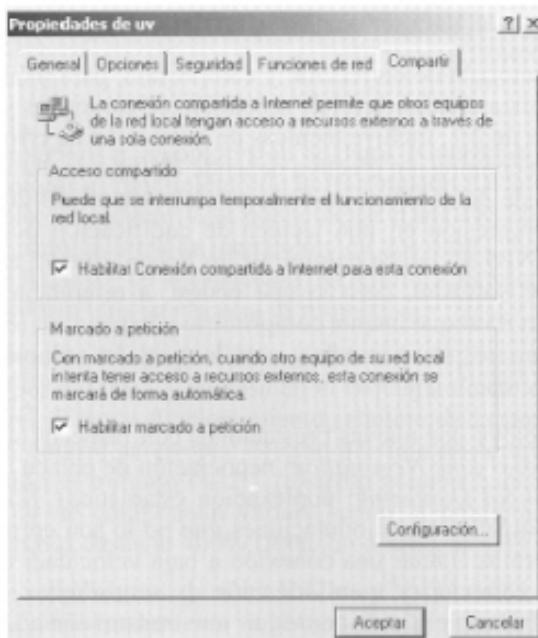


Ejercicio Resuelto 2.4



Compártase dicha conexión con otro ordenador.

Para compartir la conexión del módem, que acabamos de crear, se accede a “Conexiones de red y acceso telefónico”. Se selecciona el acceso que se quiere compartir y en propiedades se pulsa sobre “Compartir”, habilitando la “Conexión compartida a Internet” y el “Marcado a petición”. En “Configuración” se ajustan las opciones.



Ejercicio Resuelto 2.5



2.8 Detección y corrección de errores

En una comunicación a través de un medio real existe una cierta probabilidad –mayor o menor– de que ocurran errores (alteración de la información transmitida) por diversas causas, normalmente debidas a dos tipos de fenómenos:

- Interferencias electromagnéticas que producen ruido en el medio físico.
- Incorrecto funcionamiento del módem.

Existen equipos específicos para analizar las líneas y medir la tasa de error (BER) en ellas a lo largo del tiempo.

La calidad del canal se mide en base a la tasa de error (BER/*Bit Error Rate*), que se calcula como el resultado de dividir el número de bits recibidos erróneos entre el total de bits transmitidos. La detección y corrección de errores se realiza gracias a un protocolo que establece un conjunto de normas para ordenar y sincronizar las tramas de datos, a la vez que define procedimientos para determinar cuándo se ha producido un error de transmisión y cómo debe corregirse.

2.8.1. Protocolos MNP

El principal impulso dado a las técnicas de detección y corrección de errores en módems lo dio la empresa americana Microcom, con el desarrollo del protocolo MNP (*Microcom Networking Protocol*) para su incorporación a los módems como parte del software básico del equipo. Todos estos estándares MNP se incluyen normalmente en todos los módems, aunque su relevancia es secundaria y se mantienen sobre todo por cuestión de compatibilidad con los módems más antiguos.

De entre todos ellos hay que distinguir el MNP5 como el más destacado y, al igual que ocurre con el V.42bis, para obtener el máximo rendimiento de este protocolo es necesario disponer de una UART 16550 en el puerto serie. Además, el módem tiene que disponer también de los estándares MNP de corrección de errores para que MNP5 pueda funcionar. Veamos algunos de los estándares MNP:

MNP3: Protocolo de corrección a nivel de bit, en modo síncrono SDLC para dúplex. El terminal transmite en asíncrono hacia el módem y éstos trabajan en modo síncrono.

MNP4: Protocolo de corrección de errores, de mayor difusión, a nivel de paquete de longitud variable y adaptable en función de la calidad de la línea, para ser empleado con módems asíncronos.

MNP5: Protocolo de corrección y compresión, para módems asíncronos, que utiliza un algoritmo de repetición de caracteres y consigue una eficacia de 2:1. Incluye técnicas de corrección de errores clase 3 y clase 4. La compresión efectiva depende del tipo de datos, pero el rendimiento de datos típico en ficheros de texto es del 200%. Se basa para la compresión en una técnica de codificación por longitud dinámica. MNP5 no puede comprimir un fichero que ya estuviera comprimido por software, pero lo que ocurre, a diferencia del V.42bis, es que MNP5 sí que intenta comprimirlo y expandirlo (en la emisión y recepción respectivamente), con lo cual la velocidad de transferencia decrece.

MNP6: Incluye dos nuevas prestaciones con respecto al nivel 5: ULN (*Universal Link Negotiation*: negociación de enlace universal) y SD (*Statistical Duplexing*: duplexación estadística). Mientras ULN permite compatibilizar modulaciones que no lo son en principio entre sí, SD permite iniciar una conexión a baja velocidad, inclusive negociando la conexión y monitorización de semi-dúplex para simular dúplex total, con el fin de conseguir una transmisión a alta velocidad. MNP6 (que incluye MNP5) ofrece mayor rendimiento al transferir archivos a velocidades de hasta 19.200 bit/s vía la RTC.

- MNP7:** Nivel de compresión hasta 3:1, aunque está obsoleto. Consigue aumentar el índice de compresión combinado con MNP4, alcanzando rendimientos de hasta un 300%.
- MNP9 y 10:** Servicios extendidos; por ejemplo, para simular líneas dúplex sobre enlaces semi-dúplex. MNP9 incluye mejoras en la negociación de la conexión incorporando un enlace automatizado que compatibiliza la conexión de módems que incluyen MNP y los que no lo soportan al máximo nivel posible de rendimiento efectivo. Produce un drástico aumento del índice de compresión combinado con V.32 alcanzando un rendimiento superior al 300% con respecto a los módems V.32 ordinarios. MNP10 está indicado para transmisiones celulares, donde hace un uso óptimo de las líneas con mala calidad.

2.8.2. Normas V.42/V.42bis

El CCITT definió la norma V.42 para el control y detección de errores y la V.42bis para la compresión de datos. A mediados del año 2000 se aprobó la norma V.44, que consigue un ratio de compresión de 6:1. La nueva recomendación de compresión de datos se basa en el algoritmo de compresión LZJH preparado por la empresa estadounidense Hughes Network Systems, algoritmo que permite la compresión un 25% más eficiente que la expuesta en la Recomendación V.42bis y una relación de compresión de datos del orden de 6:1 para una conexión típica de navegación en la Web. Esto redonda en una velocidad de transmisión de datos, con un módem convencional, superior a 300 kbit/s, lo que reduce significativamente los tiempos de descarga y acelera la navegación, pero aun así está por debajo de lo que se consigue con ADSL, que puede ser de 1 Mbit/s, o incluso superior.

Veamos seguidamente en qué consiste cada una de ellas:

Norma V.42

Emplea el protocolo LAP M (*Link Access Protocol M*), derivado del HDLC, consistente en un cálculo polinomial, para prever los detalles de establecimiento de la comunicación, la corrección de errores, la notificación de anomalías, etc. Contempla los protocolos MNP, niveles 2 y 4, como un anexo, por lo que los módems funcionando según esta norma han de ser compatibles con los MNP4.

Norma V.42bis

Trata los aspectos relativos a la compresión de datos asíncronos, técnica que en ocasiones es capaz de mejorar el rendimiento de la transmisión hasta en un factor de 4:1, por lo que, por ejemplo, un módem V.34 puede llegar hasta 115.200 bit/s como límite. En la práctica, se alcanzan factores de incremento de dos o tres, dependiendo del ruido en la línea, del tipo de fichero y de la capacidad del terminal para soportarlo; lógicamente, con ficheros ya comprimidos su eficacia es muy baja.

El V.42bis es el protocolo de compresión más conocido de los usados en los módems. Ha sido desarrollado por el UIT-T y se basa en el esquema de compresión BTLZ (*British Telecom Level-Ziv*). Para su funcionamiento requiere de la presencia conjunta del protocolo V.42 para el control de errores. El ratio máximo de compresión que se puede alcanzar es 4:1, estando el mínimo en 2:1 (excepto cuando hablamos de ficheros ya comprimidos). El valor de compresión variará según la predictibilidad de los datos pudiendo llegar en algunos casos al 400% (relación o ratio de 4:1).

En la actualidad los módems trabajan con V.42bis y V.42 LAPM (*Link Access Procedure for Modems*), ya que su rendimiento es bastante mejor que el obtenido mediante los protocolos MNP de Microcom (que se incluyen en los módems sobre todo por cuestión de compatibilidad).

Para poder obtener todo el rendimiento de este protocolo es recomendable disponer de un buffer que sea al menos cuatro veces la velocidad del terminal. Además el máximo beneficio de las conexiones con módems de alta velocidad (V.90, V.34, V.32bis) se obtiene con una velocidad de terminal superior a 19.200 bit/s (el límite teórico, establecido inicialmente, para la interfaz V.24), lo que es posible porque se incorporan UART especiales en los puertos serie. En este sentido hay que aclarar que cualquier placa Pentium (incluso las primeras FX) incorpora la UART 16550 que ya permite una velocidad superior a los mencionados 19.200 bit/s.

En cuanto al tratamiento que el V.42bis hace de los ficheros previamente comprimidos hay que decir que la compresión que se podría obtener es prácticamente nula y lo único que se conseguiría es hacer más lenta la transmisión. Por ello, se hace una comprobación previa sobre los datos a enviar y si sus posibilidades de compresión son bajas, el protocolo se comportará de forma transparente, transmitiendo el fichero directamente. No ocurre lo mismo con el MNP-5, con el que el rendimiento de la transmisión de ficheros ya comprimidos es más baja que si no hubieran estado comprimidos.

Como ya se ha mencionado antes el V.42bis usa un algoritmo llamado BTLZ para la compresión. Se basa en que las cadenas que se repiten frecuentemente son sustituidas por palabras clave, las cuales pertenecen a un diccionario que se mantiene dinámicamente. Este algoritmo fue desarrollado por British Telecom para compresión *on-the-fly* (el módem lo hace todo durante la transmisión y no hace falta que los ficheros sufran ningún proceso de preparación previamente a ser transmitidos). Fue adoptado en 1990 por el CCITT como V.42bis, convirtiéndose en el primer estándar a nivel internacional para la compresión de datos.

De forma más concreta, cuando se transmiten ficheros ASCII tanto el transmisor como el receptor construyen un diccionario o árbol que servirá para identificar las cadenas que se repiten en el mensaje a transmitir. Cuando se repite una cadena el emisor es capaz de enviarle al receptor la dirección de dicha cadena, el cual a partir de ella, puede reconstruir el mensaje original ya que ambos disponen del mismo árbol de decodificación. El algoritmo se basa en la esperanza de que las direcciones de dos o tres caracteres serán más cortas que la cadena que se está transmitiendo, y así se acorta la longitud de los datos a enviar.

2.8.3. Respuesta y marcación automática. V.25bis

Las recomendaciones del CCITT que regulan el proceso de respuesta y marcación automática en un módem conectado a la RTC son las contenidas en las normas V.25 y en su revisión la V.25bis.

El intercambio de tonos que se produce entre los dos módems que desean establecer una comunicación se refleja en una variación de los estados de las señales de control del módem (DCE) que tienen su correspondencia en las correspondientes del terminal (DTE), iniciándose el diálogo de datos seguidamente. Según la V.25bis el módem llamante, después de que marque la última cifra del destino, emite un tono de 1.300 Hz durante intervalos de 0,5 a 0,7 segundos, alternando con períodos de silencio entre 1,5 y 2 segundos; si la llamada tiene éxito, el módem llamado responderá con un tono de 2.000 Hz durante 3 segundos, que indica al llamante que se ha establecido el enlace y que, además, sirve para anular los canceladores de eco que pudiera haber en el circuito establecido.

Este intercambio de tonos se refleja en una variación de los estados de las señales de control en la interfaz serie V.24 del módem, iniciándose a continuación el diálogo de datos. Este proceso se muestra gráficamente en la figura 2.14

PROCESO DE LA COMUNICACIÓN

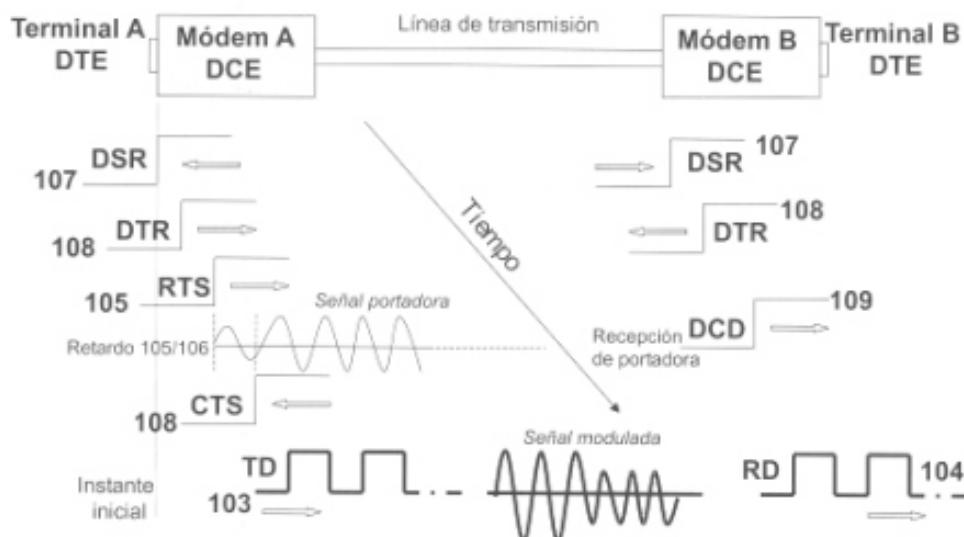


Figura 2.14. Fases del establecimiento del diálogo e intercambio de datos entre un terminal y un módem, utilizando la interfaz V.24.

2.9 Compartición de líneas

El alto costo, así como, en algunas ocasiones, la imposibilidad de establecer nuevos enlaces por no haberlos, hace que se piense en utilizar los existentes para establecer la comunicación con más terminales. Ello se consigue con el uso de equipos que permiten compartir las líneas, mediante diferentes técnicas, denominados "Multiplicadores de Interfaz", "Multiplexores", "Concentradores" y "Comutadores".

2.9.1. Multiplicadores de interfaz

Los multiplicadores de interfaz son los equipos más sencillos que permiten compartir una línea de comunicaciones, haciendo uso de técnicas de envío multipunto y sondeo. Para el empleo de uno de estos equipos han de darse las siguientes condiciones:

- Ordenador que admita un programa multipunto.
- Igual velocidad para todos los elementos conectados.
- Terminales con memoria y capacidad de proceso.
- Igualdad de protocolo y código.

La manera de operar es la siguiente: la puerta de comunicaciones del ordenador o controlador de comunicaciones se conecta al módem local a través de la interfaz CCITT V24/28 (RS-232 en su equivalente EIA), y la señal transmitida es llevada al punto remoto por medio de la línea telefónica correspondiente, apareciendo una vez demodulada en la interfaz del módem remoto. Esta señal se repite, simultáneamente, en cada una de las salidas del Multiplicador de Línea, pero solamente el terminal que se siente identificado, por corresponderle su dirección, es el que la acepta y contesta. Si todo funcionara correctamente, sólo uno de los terminales responderá, por lo que no existe la posibilidad de colisión, llegando esta información al ordenador. El diagrama de conexión de esta configuración se muestra en la figura 2.15.

Este transvase de información se repite cíclicamente para todos los terminales, pero en cada momento sólo un terminal hace uso de la línea de comunicaciones. Es lo que se denomina "Time Sharing" o tiempo compartido.

Los multiplicadores de interfaz son unos equipos más sencillos que los multiplexores.

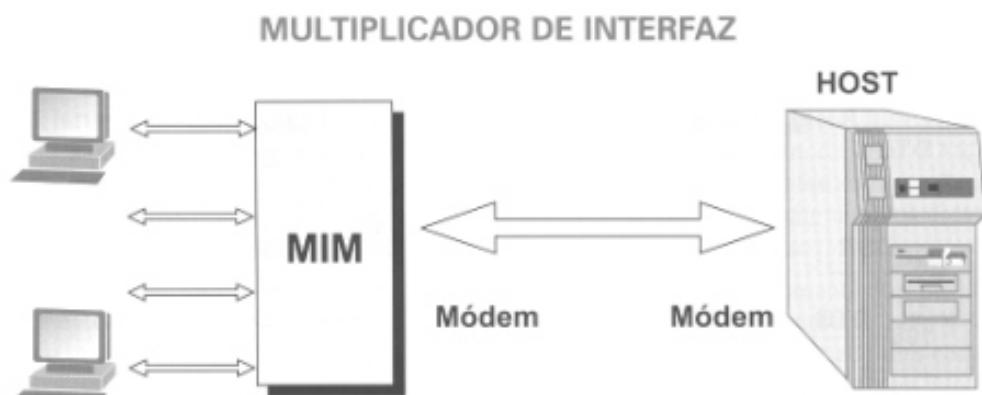


Figura 2.15. Diagrama del modo de conexión de un multiplicador de interfaz.

Puesto que los tiempos de transmisión son pequeños, si los comparamos con el tiempo que tarda el operador en llenar el *buffer* con los datos a transmitir, resulta que podemos aprovechar estos tiempos muertos para intercalar la información procedente de los otros terminales. De tal manera, que cara al usuario la línea se comporta como si tuviera dedicación exclusiva. El número de terminales, que podemos conectar, en una configuración multipunto, depende tanto de la velocidad del enlace, como de la cantidad de información de transmitir.

2.9.2. Multiplexores FDM y TDM

Cuando realizamos una transmisión de datos entre dos puntos, hemos de disponer de un enlace que permita esta transferencia de información; normalmente consiste en un circuito telefónico y una pareja de módems. Lo primero que se plantea el usuario es conseguir el máximo rendimiento del enlace establecido, no sólo aprovechando al máximo su capacidad, sino utilizándolo para realizar varias comunicaciones independientes, ahorrándose en este caso la contratación de nuevos circuitos, que no siempre es posible, sobre todo si nos encontramos en una zona aislada o de gran congestión de líneas.

Estas funciones se pueden realizar mediante las técnicas de multiplexación, consistentes en compartir el canal de comunicaciones por varios dispositivos, consiguiendo así reducir el coste de líneas y de módems, aumentando su utilización, siendo imprescindible su transparencia para que no se vea alterada la información transmitida. Básicamente, existen dos técnicas bien diferenciadas de realizar la multiplexación; éstas son:

- **Multiplexado por División en Frecuencia (FDM).**
- **Multiplexado por División en el Tiempo (TDM).**

Cada una de ellas presenta sus ventajas e inconvenientes, teniendo sus campos de aplicación específicos, que brevemente pasaremos a comentar.

Multiplexación por división en frecuencia

Esta técnica (FDM), por ser de tipo analógico, se desarrolló con anterioridad a la otra –a principios de los años 60–, encontrando su campo de aplicación y un gran desarrollo dentro de la telefonía y la radio, aunque poco a poco va cediendo terreno al multiplexado por división en el tiempo, que emplea una tecnología digital, y es por tanto más potente al poder hacer uso de ordenadores en su proceso.

Las características básicas de esta multiplexación (figura 2.16) pueden resumirse en los siguientes puntos:

- Se divide el ancho de banda en canales paralelos.
- La anchura de banda de cada subcanal es directamente proporcional a la velocidad.
- Para evitar interferencias entre subcanales se utilizan bandas de guarda.
- La capacidad del canal está limitada por el ancho de banda.

MULTIPLEXACIÓN FDM

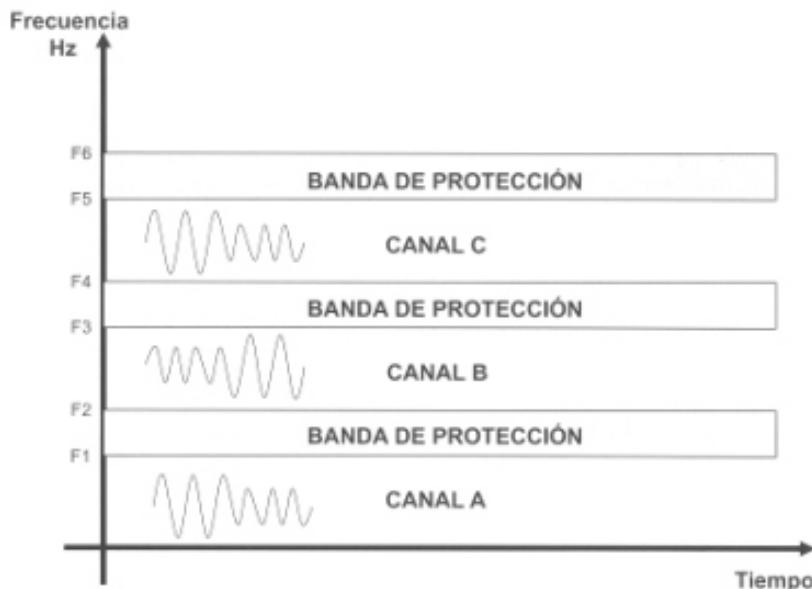


Figura 2.16. Técnica de multiplexación por división en frecuencia.

Los equipos FDM presentan la ventaja de un bajo coste, la posibilidad de conectarse en cascada, poder realizar un enlace *full duplex* sobre dos hilos, y llevar el módem incorporado. Por contra, tiene los inconvenientes de su baja eficacia, presentar un número limitado de canales, una velocidad limitada por canal, ser altamente inflexibles y tener unos controles muy limitados, necesitándose además un ajuste periódico de los mismos para mantener sincronizados perfectamente sus frecuencias de funcionamiento y sus filtros.

Multiplexación por división en el tiempo

Su característica básica es que se emplea una técnica digital, dividiendo el tiempo en intervalos (ranuras de tiempo o *time slots*), en cada uno de los cuales se incluye información correspondiente a un único usuario (figura 2.17), y sólo por esta razón cabe pensar que son los adecuados para ser usados en transmisión de datos entre ordenadores y terminales, que se comunican mediante el envío de datos binarios (bits).

MULTIPLEXACIÓN TDM

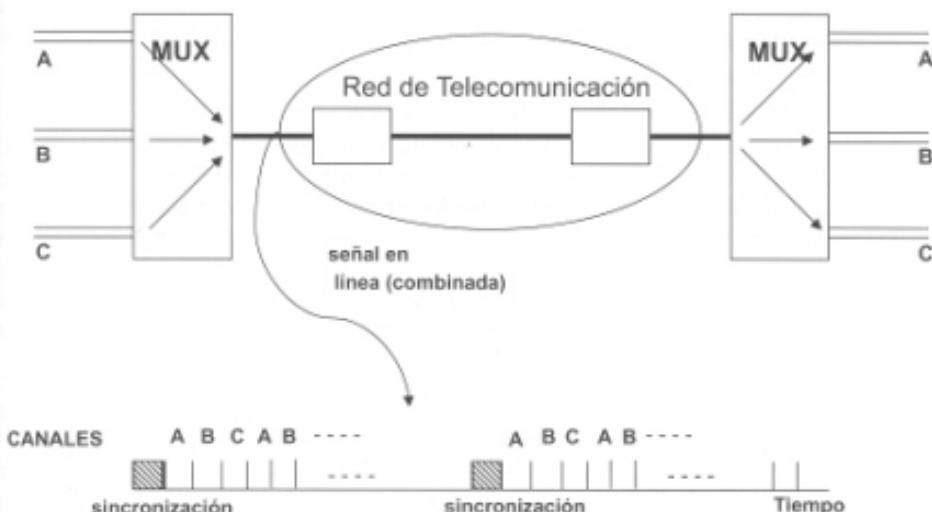


Figura 2.17. Diagrama de conexión de un multiplexor TDM.

Sus características básicas son:

- División del tiempo en intervalos.
- Muestreo de las líneas.
- Tiempos de guarda para evitar interferencias.
- Recomendación de señales en el extremo remoto.
- Necesidad del empleo de módems (hasta la implantación de la RDSI).

Este tipo de multiplexación cada vez se utiliza más, no sólo para transmisión de datos, sino también para las de voz, dándose a veces una combinación de multiplexación en frecuencia y en tiempo, algo muy común, por ejemplo en las técnicas empleadas para las comunicaciones móviles vía radio.

2.9.3. Concentradores/Hubs

Un elemento habitual para la constitución de LAN y Sistemas de Cableados Estructurados son los denominados "hub", una especie de concentrador de cableado que puede presentar múltiple funcionalidad, ser pasivo o activo según dependa o no de una fuente de alimentación y soportar distintos medios de transmisión y protocolos de red. También se pueden clasificar en función de la inteligencia relativa incluida en sus componentes (*smart wiring hub*), o sus posibilidades de gestión.

¿Qué es el hub?

Un **hub** es el punto central de la topología de red o sistema de cableado en estrella, existiendo en una configuración multinodo uno central que actúa de enlace entre los demás, sin que éstos se comuniquen directamente entre sí.

Un hub es un concentrador/conmutador, con múltiple funcionalidad, que facilita la interconexión entre los diversos sistemas de comunicación de datos, pudiendo por ejemplo poner en comunicación varias LAN o segmentos de LAN, conforme una estructura en estrella. Generalmente, disponen de interfaces para Ethernet, Token Ring, FDDI; soportan conexiones a WAN (IP, X.25 y RDSI) y algunos incorporan tecnología de conmutación rápida de paquetes y celdas (Frame Relay y ATM).

Los hubs suelen disponer de varios puntos RJ-45 para conectar las líneas Ethernet.

Uno de los primeros concentradores (no inteligente, aunque permite ciertas funciones de gestión) que aparecieron en el mercado, y que ha alcanzado una gran difusión, fue el denominado MAU (*Multistation Access Unit*) de IBM; un concentrador pasivo para redes Token Ring que permite la conexión de hasta 8 estaciones de trabajo, conectadas físicamente en estrella pero constituyendo un anillo lógico. Incorpora funciones de inserción/bypass de los dispositivos conectados, reaccionando a la presencia/ausencia de la señal procedente de los mismos, y presenta funciones de recuperación y *backup* del anillo.

Este dispositivo es necesario si utilizamos cable UTP de cualquier categoría, ya que si no, no podremos conectar los ordenadores entre ellos. Es como si dijéramos una central telefónica pero para la red, es decir, donde todos los cables de todos los ordenadores se conectarán.

Como hay redes Ethernet y Fast Ethernet, también existen de tres tipos de hubs: los Ethernet, los Fast Ethernet y los que soportan las dos modalidades, siendo por este orden de más baratos a más caros. Aquí es donde hay que fijarnos en varios aspectos, por ejemplo, si tenemos necesidad de transferir entre los ordenadores gran cantidad de información o si es para un uso doméstico o incluso en una oficina en donde el número de ordenadores sea reducido con una red tipo Ethernet habrá de sobra, incluso para jugar a cualquier juego en red. Por el contrario si tenemos un número bastante elevado de ordenadores, como en un edificio, es aconsejable utilizar el hub Fast Ethernet para no ralentizar mucho el sistema.

En cualquier de los dos casos y usando un cable UTP de categoría 5, si se quiere pasar de Ethernet a Fast Ethernet sólo tendremos que cambiar el hub, ya que las tarjetas y los cables serán compatibles en ambos casos. También hay que tener en cuenta que los más utilizados tienen capacidad para conectar un máximo de 8 ordenadores, teniendo que comprar otro si el número de ordenadores es mayor, aunque también los hay de 16 pero son bastante más caros.

HUB. CONCENTRADOR

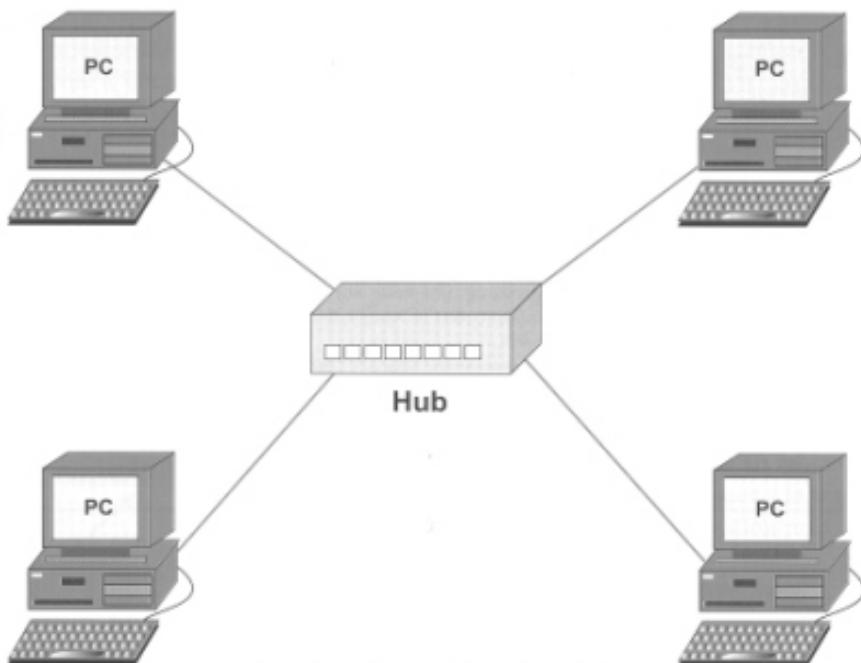


Figura 2.18. Disposición típica de un hub.

Un hub, tal como dice su nombre, es un concentrador. Simplemente une conexiones y no altera las tramas que le llegan. Para entender cómo funciona veamos paso a paso lo que sucede (aproximadamente) cuando llega una trama.

1. El hub envía información a los ordenadores que no están interesados. A este nivel sólo hay un destinatario de la información, pero para asegurarse de que la recibe, el hub envía la información a todos los ordenadores que están conectados a él, así seguro que acierta.
2. Este tráfico añadido genera más probabilidades de colisión, que crece a medida que añadimos ordenadores a la red. Una colisión se produce cuando un ordenador quiere enviar información y emite de forma simultánea a otro ordenador que hace lo mismo. Al chocar los dos mensajes se pierden y es necesario retransmitir.
3. Un hub funciona a la velocidad del dispositivo más lento de la red. Si observamos cómo funciona, vemos que no tiene capacidad de almacenar nada. En el caso del ADSL los routers suelen funcionar a 10 Mbit/s, por tanto si lo conectamos a nuestra red casera, toda la red funcionará a esa velocidad aunque nuestras tarjetas sean 10/100.

Búsquese por Internet la reglamentación acerca de la transmisión de datos sobre portadora de 433 MHz. Una vez obtenida, verifíquese el ancho de banda permitido y, sobre ese ancho de banda, calcúlese la velocidad máxima de transmisión.

SOLUCIÓN

Se puede acceder a toda la documentación relativa al CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias) en la "ORDEN ITC/1998/2005, de 22 de junio". La referencia a esta última reglamentación se encuentra en el BOE 153 de 28/06/2005.

Los datos se pueden obtener de Internet realizando la búsqueda bajo los criterios "Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias+BOE", o directamente en la dirección de la SETSI, desde la que nos podemos descargar todos los documentos en formato PDF:

<http://www2.setsi.mityc.es/Secciones/espectro/cnaf/>

Ejercicio Resuelto 2.6



The screenshot shows the official website of the Ministry of Industry, Tourism and Commerce (<http://www2.setsi.mifc.es/Seccomes/espectro/cnaf>). The page title is "Secretaría de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información - Cuadro Nacional - Microsoft Internet Explorer". The main content area displays the "CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS CNAF" (National Frequency Allocation Table) document. The document header reads: "ORDEN ITC/1998/2005, DE 22 DE JUNIO, POR LA QUE SE APRUEBA EL CUADRO NACIONAL DE ATRIBUCIÓN DE FRECUENCIAS (CNAF)". The text details the legal basis and objectives of the CNAF, mentioning the Ley 32/2003 and its Article 43, which establishes the management of the public radiofrequency domain by the State. It also refers to international agreements like the ITU and WRC. On the right side, there is a sidebar titled "SECCIONES" listing various topics such as the CNAF table, administrative forms, radio and television, telecommunications, and international conferences.

Si utilizamos Google, se obtiene el siguiente resultado:

The screenshot shows a Google search results page for the query "cnaf+boe". The search bar contains "cnaf+boe". The results section is titled "La Web" and shows approximately 863 results found in 0,42 seconds. The top result is a link to the BOE (Boletín Oficial del Estado) document "BOE-153 de 28/06/2005 Sec 3 Pag 22926 a 22926", which corresponds to the CNAF table mentioned in the previous screenshot. Below the search bar, there are links for "Búsqueda Avanzada" and "Personalizada".

Buscando la legislación sobre las comunicaciones en la banda de 433 MHz, se obtiene que está designada como S5.138, abarcando las frecuencias comprendidas entre los 433,050 a 434,790 MHz, siendo la frecuencia central de 433,920 MHz. Está destinada a aplicaciones industriales, científicas, médicas, radiocomunicaciones de telemando, telemedida y telealarma. La potencia máxima de salida debe ser menor o igual a 100 mW con ancho de banda de 25 kHz.

Aplicando la expresión del teorema de Shannon y despejando:

$$C = \frac{W \cdot \log(1+S/N)}{\log 2}$$

Se obtiene:

$$C = \frac{25.000 \cdot \log(1+1.000)}{\log 2}$$

siendo la solución:

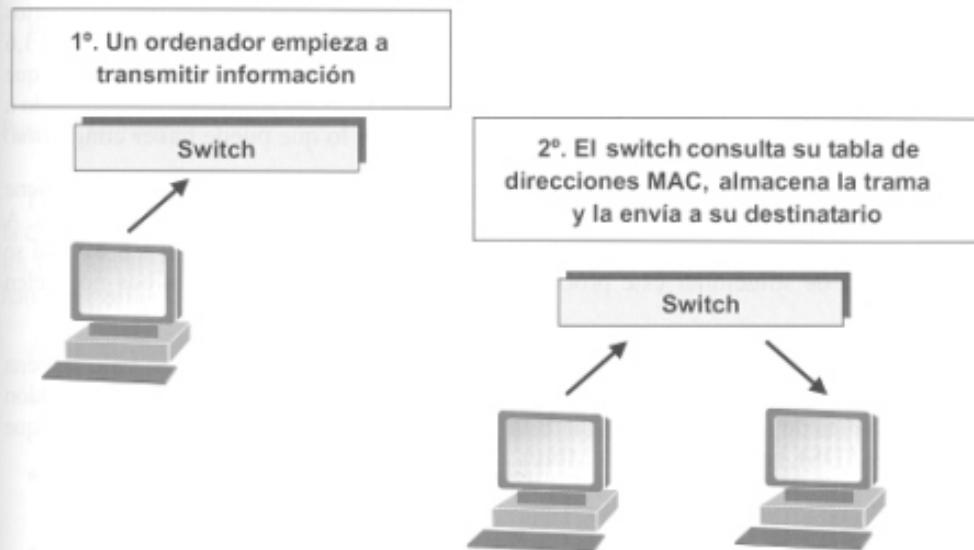
$$C = 249.181 \text{ bit/s}$$

$$C = 250.000 \text{ bit/s}$$

2.9.4. Conmutadores/Switches

Cuando hablamos de un switch lo haremos refiriéndonos a uno de nivel 2, es decir, perteneciente a la capa OSI de “Enlace de Datos”. Normalmente un switch de este tipo no tiene ningún tipo de gestión, es decir, no se puede acceder a él. Sólo algunos switches tienen algún tipo de gestión, pero suele ser algo muy simple. En el capítulo 11 sobre interconexión de redes veremos algunos detalles más sobre él.

SWITCH. FUNCIONAMIENTO



Los switches son unos equipos más sencillos que los routers y se debe recurrir a ellos siempre que sea posible, dejando los routers para cuando no haya más remedio.

Figura 2.19. Funcionamiento de un switch.

Veamos cómo es el funcionamiento un switch:

1. El switch conoce los ordenadores que tiene conectados a cada uno de sus puertos. Cuando en la especificación de un switch leemos algo como “8k MAC address table” se refiere a la memoria que éste destina a almacenar las direcciones. Un switch cuando se enchufa no conoce las direcciones de los ordenadores de sus puertos, sino que las aprende a medida que circula información a través de él. Por cierto, cuando un switch no conoce la dirección MAC de destino envía la trama por todos sus puertos, al igual que hace un hub, proceso que se conoce por “flooding”, o inundación. Cuando hay más de un ordenador conectado a un puerto de un switch éste aprende sus direcciones MAC y cuando se envían información entre ellos no la propaga al resto de la red, a esto se llama filtrado. A cada parte de una red separada por un switch se le llama segmento.
2. El switch almacena la trama antes de reenviarla. A este método se llama “store & forward”, es decir, “almacenar y enviar”. Hay otros métodos como por ejemplo “Cut-through” que consiste en recibir los 6 primeros bytes de una trama que contienen la dirección MAC y a partir de aquí ya empezar a enviar al destinatario, pero este método no permite descartar paquetes defectuosos. Un switch de tipo “store & forward” controla el CRC de las tramas para comprobar que no tengan error, en caso de ser una trama defectuosa la descarta y ahorra tráfico innecesario. El “store & forward” también permite adaptar velocidades de distintos dispositivos de una forma más cómoda, ya que la memoria interna del switch sirve de buffer. Obviamente si se envía mucha información de un dispositivo rápido a otro lento, otra capa superior se encargará de reducir la velocidad.

Finalmente comentar que hay otro método llamado “fragment-free” que consiste en recibir los primeros 64 bytes de una trama porque es en éstos donde se producen la mayoría de colisiones y errores. Así, pues, cuando vemos que un switch tiene 512 kB de RAM es para realizar el “store & forward”. Esta RAM suele estar

compartida entre todos los puertos, aunque hay modelos que dedican una parte a cada uno de ellos.

3. Un switch moderno también suele tener lo que se llama “auto-negotiation”, es decir, negocia con los dispositivos que se conectan a él la velocidad de funcionamiento, 10 ó 100 Mbit/s, así como si se funcionará en modo dúplex o semi-dúplex.
4. Velocidad de proceso: todo lo anterior explicado requiere que el switch tenga un procesador debiendo ser lo más rápido posible. También hay un parámetro conocido como plano trasero (*backplane*) que define el ancho de banda máximo que soporta el switch. El *backplane* dependerá del procesador, del número de tramas que sea capaz de procesar. Por ejemplo, si hacemos números vemos lo siguiente: 100 Mbit/s x 2 (cada puerto puede enviar 100 Mbit/s en modo dúplex) x 8 puertos = 1,6 Gbit/s. Así pues, un switch de 8 puertos debe tener un *backplane* de 1,6 Gbit/s para ir bien. Lo que sucede es que para abaratar costes esto se reduce ya que es muy improbable que se produzca la situación de tener los 8 puertos enviando a tope, pero la probabilidad a veces no es cierta, por lo que puede haber congestión.
5. Si un nodo puede tener varias rutas alternativas para llegar a otro, un switch tiene problemas para aprender su dirección ya que aparecerá en dos de sus entradas. A esto se le llama “loop”. El protocolo de *Spanning Tree Protocol IEEE 802.1d* se encarga de solucionar este problema, aunque los switches domésticos no suelen tenerlo.

Hoy por hoy los switches domésticos han bajado tanto de precio que vale la pena comprarse uno en lugar de un hub, sobre todo si queremos compartir una conexión ADSL con más de un ordenador y disfrutar de 100 Mbit/s entre los ordenadores, ya que los routers ADSL suelen ser de 10 Mbit/s.

2.10 Los puertos de comunicaciones

El puerto es el lugar donde se intercambian datos con otro dispositivo. Los microprocesadores disponen de puertos para enviar y recibir bits de datos. Estos puertos se utilizan generalmente como direcciones de memoria con dedicación exclusiva. También, todos los ordenadores personales disponen de puertos para la conexión de dispositivos periféricos, como impresoras, módems, monitores, teclados, etc.

Los puertos más habituales son los que se comentan a continuación:

Puerto paralelo

El puerto paralelo del PC usa un conector tipo DB-25, que suele corresponderse con otro tipo Centronic, que es el que llevan incorporado las impresoras. Este puerto de E/S envía datos en formato paralelo (donde ocho bits de datos, formando un byte, se envían simultáneamente sobre ocho líneas individuales en un solo cable). El puerto paralelo se utiliza principalmente para impresoras. La mayoría de los software usan el término LPT (impresora en línea) más un número para designar un puerto paralelo (por ejemplo, LPT1). Un ejemplo donde se utiliza la designación del puerto es en el procedimiento de instalación de software, que incluye un paso en el que se identifica el puerto al cual se conecta una impresora.

Puerto serie

El puerto serie típico usa conectores tipo DB-9 o DB-25. Estos puertos hacen transferencia de datos en serie; o sea, comunican la información bit a bit por la línea. Estos puertos son compatibles con dispositivos como módems externos y ratones. La mayoría de las aplicaciones software utilizan el término COM (derivado de comunicaciones) seguido de un número para designar un puerto serie (por ejemplo, COM1 o COM2).



Puerto USB

Permite conectar uno o varios dispositivos USB (*Universal Serial Bus*) a un ordenador, hasta una distancia de unos 5 metros. El USB es un estándar de bus externo que permite obtener velocidades de transferencia de datos desde 12 Mbit/s hasta 480 Mbit/s, con el USB 2.0. Los puertos USB admiten un conector que mide 12x4 mm, aproximadamente. Se pueden conectar y desconectar dispositivos sin tener que cerrar o reiniciar el equipo (en caliente). Puede conectarse altavoces, teléfonos, unidades de CD-ROM, *joysticks*, teclados, escáneres y cámaras de fotos. Los puertos USB suelen encontrarse en la parte posterior del equipo, junto al puerto serie o al puerto paralelo, aunque últimamente los están reemplazando.

Por su importancia lo estudiaremos con detalle en el apartado siguiente.

El USB ha significado toda una revolución. No sólo los ordenadores personales lo llevan, sino todo tipo de periféricos.

Puertos FireWire

FireWire es una tecnología para la entrada/salida de datos en serie a alta velocidad y la conexión de dispositivos digitales como videocámaras o cámaras fotográficas digitales y ordenadores portátiles. Es uno de los estándares de periféricos más rápidos que se han desarrollado.

Algunas ventajas de FireWire son:

- Alcanzan una velocidad de 400 Mbit/s. Soporta la conexión de hasta 63 dispositivos con cables de una longitud máxima de 4,5 metros.
- Al igual que sucede con USB, no es necesario apagar el dispositivo antes de conectarlo o desconectarlo.
- No requiere reiniciar el ordenador. Los cables FireWire se conectan muy fácilmente: no requieren números de identificación de dispositivos, conmutadores DIP, tornillos, cierres de seguridad ni terminadores.

2.11 El bus USB

USB es una nueva arquitectura de bus, o un nuevo tipo de bus, desarrollado a finales de la década de los 90 por un grupo de siete empresas (Compaq, Digital Equipment, IBM, Intel, Microsoft, NEC y Northern Telecom), que forma parte de los avances *plug-and-play* de Windows 98 y permite instalar periféricos en el ordenador, conectándolos directamente en la parte posterior, sin necesidad de incorporar tarjetas internas.

Casi con toda seguridad, los ordenadores adquiridos después del año 2000 llevarán varios pequeños conectores rectangulares, además de las típicas interfaces serie y paralelo (véase la figura 2.20). Éstos son la interfaz física del *Universal Serial Bus* (USB), que permiten la conexión de multitud de dispositivos tales como teclados, ratones, altavoces, impresoras, lectores externos de CD, módems, routers, webcams, cámaras fotográficas digitales, escáneres, unidades ZIP de almacenamiento y centralitas digitales, entre otros.

USB es un estándar que permite conectar hasta 127 dispositivos partiendo de un único conector. Con una velocidad inicial de 12 Mbit/s (la versión 1.1 de 1995), el objetivo del USB era paliar las carencias del puerto PS/2 y de los serie RS-232 (mucho más lentos ya que sólo admiten 115 kbit/s) y del puerto paralelo (mayor velocidad, pues puede llegar a 1,5 Mbit/s, pero con un alcance muy limitado), además de que cada uno de éstos sólo permite conectar un dispositivo al mismo tiempo. El bus USB, con un cable flexible de cuatro hilos (2 para distribución de alimentación a 5 voltios y otros dos para transmitir datos), consigue velocidades muy por encima de las que se pueden transmitir con ambos tipos de puertos.

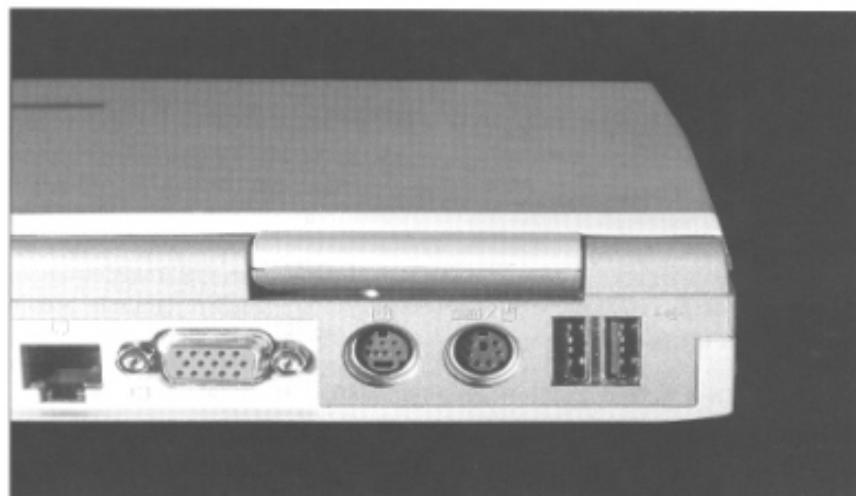


Figura 2.20. Parte posterior de un ordenador portátil mostrando los conectores USB.

El USB tiene un gran ancho de banda, es fácil de usar y configurar, por lo cual es ideal para reemplazar a los tradicionales puertos serie y paralelo. Además, permite añadir dispositivos “en caliente”, esto es, sin apagar el ordenador o el dispositivo que se va a conectar. Por ello, en un futuro cercano todos los conectores anteriormente citados desaparecerán de nuestro ordenador, eliminando además la necesidad de contar en la placa base o de expansión de los controladores para dispositivos serie, paralelo, ratón PS/2, joystick, etc.

Con la nueva versión USB 2.0, llamada USB de alta velocidad (que es la que ya incorporan todos los dispositivos), se puede llegar a velocidades de 480 Mbit/s (40 veces más rápido que la anterior) permitiendo la conexión de prácticamente cualquier dispositivo, desde videocámaras a discos duros externos. La nueva versión es compatible con la anterior y usa los mismos cables y conectores, por lo que la inversión que se haya realizado en equipamiento sigue siendo válida.

La mayoría de los ordenadores de sobremesa vienen con cuatro o seis puertos USB y los portátiles con al menos dos. Si se necesitan conectar varias líneas USB a un mismo ordenador, se han creado divisores USB o “hubs” que pueden llegar a tener varias bocas USB, similares a los conectores RJ-11 que se utilizan para ampliar las tomas de equipos en una línea telefónica (ladrones).

2.11.1. Conexión de dispositivos

La conexión de dispositivos USB es muy fácil ya que basta con insertar el conector rectangular USB en el puerto USB del ordenador. Si el ordenador tiene un sistema operativo actualizado (por ejemplo, Windows 98 o superior), éste detectará automáticamente el nuevo dispositivo y abrirá el controlador correspondiente; desde ese momento se podrán transferir datos entre ambos.

Además de conectar dispositivos al ordenador, el USB también permite aumentar el número de puertos serie RS-232 o paralelo. Hay convertidores USB-a-serie y USB-a-paralelo con la electrónica incorporada en los propios conectores. Éstos pueden funcionar con control por hardware, software o Xon/Xoff, como los puertos serie de la placa base del ordenador.

Se puede construir una pequeña red de área local entre dos ordenadores usando el USB. Aunque los cables USB son asimétricos, para conectar dos PC se necesita un cable puente de datos USB (*USB Data Bridge*) PC-a-PC. Este cable tiene un conector “A” en cada extremo y, una vez conectados los dos PC, se pueden compartir ficheros e impresores sin ninguna dificultad. Sin embargo, los ordenadores tendrán que estar en la misma habitación ya que el cable USB puede tener como mucho 5 metros. Si se necesita conectar ordenadores separados a mayor distancia, se tendrá que conseguir un prolongador

hardware USB. Aun así, la conexión USB PC-a-PC sigue siendo la forma más sencilla y barata para conectar un ordenador de sobremesa y un portátil, por ejemplo.

Si se necesita una conexión inalámbrica entre ordenadores, se puede conectar unos puntos de acceso inalámbrico (Wi-Fi) a los buses USB de cada uno de ellos, que se alimenten a través del propio bus, por lo que la instalación es sumamente sencilla. Si la vivienda dispone de una red local Ethernet, hay adaptadores a 10/100 BaseT que funcionan con cualquier cable de categoría 5.

2.11.2. Funcionamiento del USB

El bus USB trabaja como una interfaz para la transmisión de datos y distribución de energía, que ha sido introducida en el mercado de PC y periféricos para mejorar las lentas interfaces serie y paralelo. Utiliza 4 hilos, ofrece 12 Mbit/s (480 Mbit/s), es “plug and play”, distribuye 5 V para alimentación, y está siendo adoptada rápidamente por la industria informática.

Es un bus basado en el paso de un testigo, semejante a otros buses como los de las redes locales en anillo con paso de testigo (Token Ring) y las redes FDDI. El controlador USB distribuye testigos por el bus y el dispositivo cuya dirección coincide con la que porta el testigo responde aceptando o enviando datos al controlador. Éste también gestiona la distribución de energía a los periféricos que lo requieran.

Emplea una topología de estrellas apiladas que permite el funcionamiento simultáneo de 127 dispositivos a la vez. En la raíz o vértice de las capas, está el controlador anfitrión o host que controla todo el tráfico que circula por el bus. Esta topología permite a muchos dispositivos conectarse a un único bus lógico sin que los dispositivos que se encuentran más abajo en la pirámide sufran retardo. A diferencia de otras arquitecturas, USB no es un bus de almacenamiento y envío, de forma que no se produce retardo en el envío de un paquete de datos hacia las capas inferiores.

Como detalle sorprendente es que cada puerto utiliza una única solicitud de interrupción (IRQ) independientemente de los periféricos que tenga conectados (sea 1 ó 127) por lo tanto no hay riesgo de conflictos entre una cantidad de dispositivos que de otra forma no podrían ser conectados por falta de recursos.

Como resumen de los beneficios que reporta a los usuarios usar el USB, tenemos:

- **Conexión más sencilla**

Gracias al USB prácticamente no se registrarán errores en el momento de instalar un periférico del ordenador. Sólo existe un tipo de cable (A-B) con conectores distintos en cada extremo, de manera que es imposible conectarlo erróneamente.

- **Plug and Play**

Cuando se conecta un dispositivo a través del USB no es necesario apagar el equipo ni hacer que el sistema busque el nuevo hardware ya que el sistema automáticamente lo reconoce e instala los controladores adecuados.

- **Conexión en caliente (Hot Pluggable)**

El usuario podrá conectar y desconectar los dispositivos USB las veces que quiera sin que tenga que apagar y encender el PC.

- **Mayor rendimiento**

La gran ventaja de usar el puerto USB es la velocidad de transferencia de los datos que puede llegar a alcanzar hasta 480 Mbit/s en la versión USB 2.0.

- **Soporte multiplataforma**

Responde a todas las necesidades de los usuarios con el mismo hardware para todas las plataformas: tanto PC como MAC (Apple).

- **Múltiples dispositivos de manera simultánea**

La tecnología USB permite conexiones en funcionamiento, para que los usuarios puedan incorporar dispositivos fácilmente y cuando lo necesiten, en USB, es posible conectar hasta 127 dispositivos a nuestro ordenador.

La interfaz USB permite la conexión y desconexión de dispositivos “en caliente”.

Pero también presenta alguna desventaja:

- *El ancho de banda se reparte entre los dispositivos*

Esto no importa mucho si estamos conectando otro ratón, pero si se quieren conectar 126 impresoras al mismo puerto USB e intentar imprimir en todas a la vez, seguramente lo harán con una lentitud pasmosa. Sin embargo, parece un ancho suficiente para utilizar algunos dispositivos portátiles, mientras no intentemos usarlos todos a la vez.

2.11.3. Componentes del USB

El sistema de bus serie universal USB consta de cuatro componentes:

ESTRUCTURA DE CAPAS DEL BUS USB

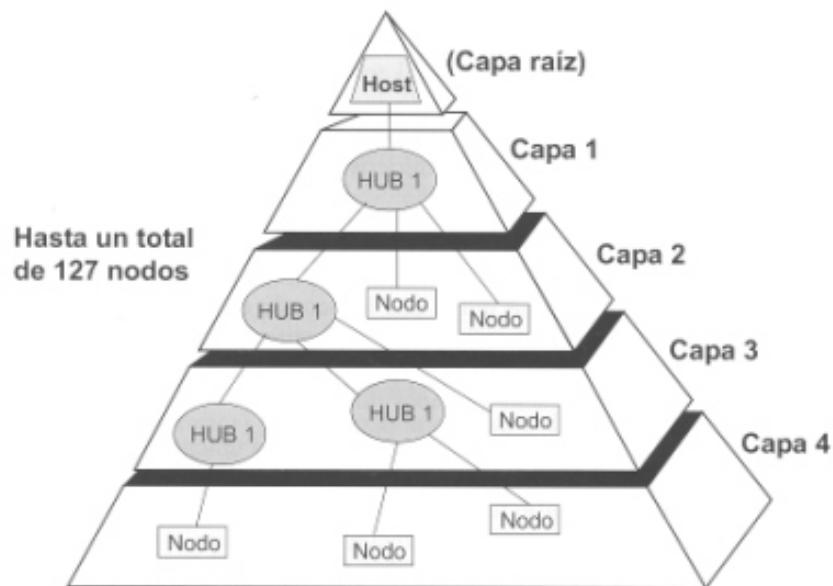


Figura 2.21. Estructura jerárquica del USB.

Controlador

El controlador reside dentro del PC y es responsable de las comunicaciones entre los periféricos USB y la CPU del PC. Es también responsable de la admisión de los periféricos dentro del bus, tanto si se detecta una conexión como una desconexión y del control de flujo de datos entre el periférico y la CPU. Para cada periférico añadido, el controlador determina su tipo y le asigna una dirección lógica para utilizarla siempre en las comunicaciones con el mismo. Si se producen errores durante la conexión, el controlador lo comunicará a la CPU, que, a su vez, lo transmitirá al usuario. Una vez se ha producido la conexión correctamente, el controlador asigna al periférico los recursos del sistema que éste precise para su funcionamiento.

Hubs/Concentradores

Son distribuidores inteligentes de datos y alimentación, que hacen posible la conexión a un único puerto USB de hasta 127 dispositivos. De una forma selectiva reparten datos y alimentación hacia sus puertas descendentes y permiten la comunicación hacia su puerta de retorno o ascendente.

Además del controlador, el PC también contiene el concentrador raíz. Éste es el primer concentrador de toda la cadena que permite a los datos y a la energía pasar a uno o dos conectores USB del PC, y de allí a los 127 periféricos que, como máximo, puede

soportar el sistema, lo que es posible añadiendo concentradores adicionales. Por ejemplo, si el PC tiene una única puerta USB y a ella le conectamos un hub o concentrador de 4 puertas, como el mostrado en la figura 2.22, permite realizar 4 conexiones descendentes. Conectando otro hub de 4 puertas a una de las 4 puertas del primero, se habrá creado un total de 7 puertas. De esta forma, es decir, añadiendo concentradores en cascada, el PC puede soportar hasta 127 periféricos USB.



Figura 2.22. Hub USB 2.0 de 4 puertos.

Periféricos

USB soporta periféricos de baja y media velocidad. Empleando dos velocidades para la transmisión de datos, como son 1,5 y 12 Mbit/s, consigue una utilización más eficiente de sus recursos. Los periféricos de baja velocidad tales como teclados, ratones, *joysticks* y otros periféricos para juegos no requieren 12 Mbit/s, por lo que empleando para ellos 1,5 Mbit/s, se puede dedicar más recursos del sistema a otros periféricos tales como, impresoras, módems, escáneres, equipos de audio, etc., que precisan de velocidades más altas para transmitir mayor volumen de datos.

Cables y conectores

USB transfiere señales y energía a los periféricos utilizando un cable de 4 hilos, apantallado para transmisiones de media y alta velocidad (12 y 480 Mbit/s) y no apantallado para transmisiones de baja velocidad (1,5 Mbit/s).

El calibre de los conductores destinados a alimentación de los periféricos varía desde 20 a 26 AWG (1 par), mientras que el de los conductores de señal es de 28 AWG. La longitud máxima de los cables es de 5 metros y por lo que respecta a los conectores hay que decir que son del tipo ficha (o conector) y receptáculo, existiendo dos tipos: serie A (4 patillas en linea) y serie B (2+2 en dos líneas).

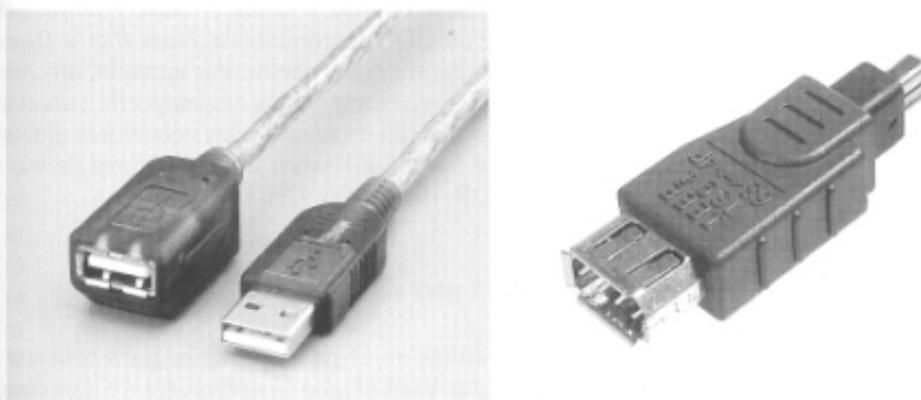


Figura 2.23. Conectores USB del tipo serie A y adaptador USB FireWire.

2.11.4. USB comparado con FireWire (IEEE 1394)

Éste es otro tipo de bus que también suelen incorporar muchos de los modernos ordenadores, al mismo tiempo que los USB. El invento del FireWire se produjo en la compañía Apple a mediados de los 80, que lo promovió hasta convertirlo en 1995 en el estándar multiplataforma IEEE 1394. FireWire o i.Link, como también se le conoce (Sony), es una tecnología para la entrada/salida de datos en serie a alta velocidad, que comparte con el USB muchas de sus características, válido para la conexión de dispositivos digitales como videocámaras o cámaras fotográficas digitales, sistemas domésticos para el ocio, sintetizadores de música, escáneres, unidades de disco duro, etc. a ordenadores portátiles o de sobremesa.

Con un ancho de banda 33 veces mayor al del USB 1.1, FireWire 400 se convirtió en el estándar más adecuado para la transferencia de datos a alta velocidad hasta la aparición del USB 2.0. Cada bus soporta la conexión de hasta 63 dispositivos, a igual o diferente velocidad (100, 200, 400 MHz), con cables de una longitud máxima de 4,5 metros entre nodos, de los que puede haber hasta 16, lo que da como resultado un alcance de hasta 72 metros. Posteriormente, duplicó la velocidad de transferencia con la implementación del estándar IEEE 1394b o FireWire 800 que, puede llegar a 1,6 o incluso a 3,2 Gbit/s (arquitectura escalable) y, mediante fibra óptica plástica o profesional, distribuir información hasta 50 o 100 metros, respectivamente, una distancia suficiente para cubrir cualquier oficina o vivienda.

Mientras el USB 2.0 permite la alimentación de dispositivos sencillos que consumen un máximo de 2,5 W, como un ratón, los dispositivos FireWire pueden proporcionar o consumir hasta 45 W, más que suficiente para discos duros de alto rendimiento y baterías de carga rápida, lo que elimina la necesidad de conectar dichos periféricos a la red eléctrica, como ahora ocurre, por ejemplo, con los módems externos.

2.12 Los conectores

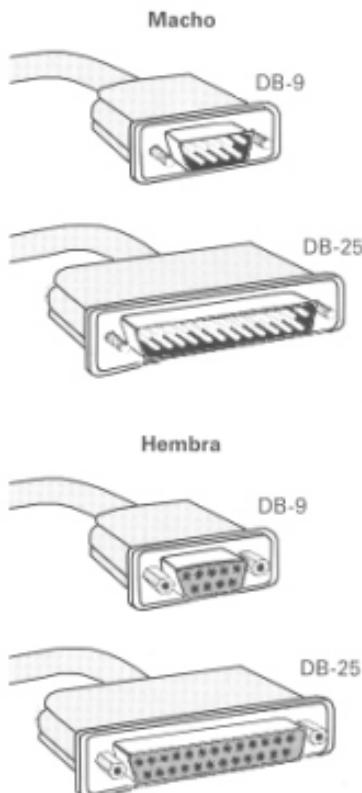


Figura 2.24. Conectores de Bus de Datos DB-9 y DB-25 (machos y hembras).

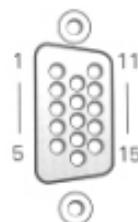
2.12.1. Conectores de bus de datos

Son los conectores utilizados para facilitar la entrada y salida en serie y en paralelo. El número que aparece detrás de las iniciales DB (acrónimo de *Data Bus* o Bus de Datos), indica el número de líneas –cables– dentro del conector. Por ejemplo, un conector DB-9 acepta hasta nueve líneas separadas, cada una de las cuales puede conectarse a una clavija del conector. No todas las clavijas (en especial en los conectores grandes) tienen asignada una función, por lo que no suelen utilizarse. Los conectores de bus de datos más comunes son el DB-9, DB-15, DB-19, DB-25, DB-37 y DB-50.

Asignación de patillas en el conector DB-15 para vídeo

El sistema utiliza un conector de 15 patillas en el panel posterior para conectar al equipo un monitor compatible con el estándar VGA (*Video Graphics Array*). Los circuitos de video en la placa base sincronizan las señales que accionan los cañones de electrones rojo, verde y azul (RGB) en el monitor.

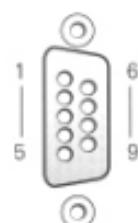
Patilla	Señal	E/S	Definición
1	RED	S	Vídeo rojo
2	GREEN	S	Vídeo verde
3	BLUE	S	Vídeo azul
4	NC	N/D	No hay conexión
5-8, 10	GND	N/D	Tierra de señal
9	VCC	N/D	Vcc
11	NC	N/D	No hay conexión
12	DDC data out	S	Datos de detección del monitor
13	Hsync	S	Sincronización horizontal
14	Vsync	S	Sincronización vertical



Asignación de patillas en el conector DB-9 para datos

Este conector trabaja con el puerto serie. Se utiliza, en lugar del DB-25, para reducir espacio, cuando no hay necesidad de utilizar las 25 señales.

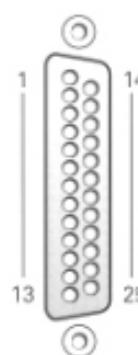
Patilla	Señal	E/S	Definición
1	DCD	E	Detección de portadora de datos
2	SIN	E	Entrada serie
3	SOUT	S	Salida serie
4	DTR	S	Terminal de datos listo
5	GND	N/D	Tierra de señal
6	DSR	E	Grupo de datos listo
7	RTS	S	Petición para enviar
8	CTS	E	Listo para enviar
9	RI	E	Indicador de llamada
Carcasa	N/D	N/D	Conexión a tierra del chasis



Asignación de patillas el conector DB-25 para Impresoras

Este conector trabaja para el puerto paralelo.

Patilla	Señal	E/S	Definición
1	STB#	E/S	Estrobo
2	PDO	E/S	Bit 0 de datos de impresora
3	PD1	E/S	Bit 1 de datos de impresora
4	PD2	E/S	Bit 2 de datos de impresora
5	PD3	E/S	Bit 3 de datos de impresora
6	PD4	E/S	Bit 4 de datos de impresora
7	PD5	E/S	Bit 5 de datos de impresora
8	PD6	E/S	Bit 6 de datos de impresora
9	PD7	E/S	Bit 7 de datos de impresora
10	ACK#	E	Reconocimiento
11	BUSY	E	Ocupado
12	PE	E	Fin del papel
13	SLCT	E	Seleccionar
14	AFD#	S	Avance automático
15	ERR#	E	Error
16	INIT#	S	Iniciar impresora
17	SLIN#	S	Seleccionar
18-25	GND	N/D	Tierra de señal



2.12.2. Conector DIN

Es un conector de clavijas de conexión múltiples (DIN, acrónimo de *Deutsche Industrie Norm*). En algunos modelos Macintosh se utiliza un conector DIN de 8 clavijas (o pins) como conector de puerto serie. En los ordenadores personales de IBM anteriores al PS/2 se utilizaban conectores DIN de 5 clavijas para conectar los teclados a la unidad del sistema. En los modelos IBM PS/2 se utilizan conectores DW de 6 clavijas para conectar el teclado y el ratón.

Asignación de patillas en el conector DIN

Este tipo de conector, para teclado o ratón PS/2, trabaja con un puerto serie.



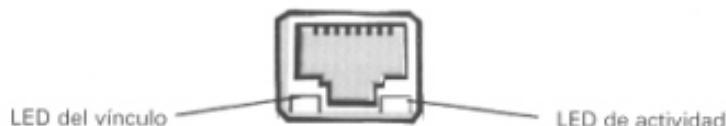
Patilla	Señal	E/S	Definición
1	KBDATA	E/S	Datos del teclado/ratón
2	NC	N/D	No hay conexión
3	GND	N/D	Tierra de señal
4	FVcc	N/D	Voltaje de alimentación con fusible
5	KBCLK	E/S	Reloj del teclado/ratón
6	NC	N/D	No hay conexión
Carcasa	N/D	N/D	Conexión a tierra del chasis

2.12.3. Conectores RJ-45

Los conectores RJ-45 están diseñados para conectar un cable UTP (*Unshielded Twisted Pair*, o Par Trenzado sin Blindaje) para red Ethernet. La conexión se efectúa presionando el extremo del cable UTP dentro del conector hembra de la tarjeta de red o puerto del dispositivo, hasta que el enchufe se asiente en su lugar, sonando un clic al encajar la pestaña que llevan.

Restricciones para la conexión de cables para redes 10BASE-T y 100BASE-TX

- Para redes 10BASE-T, utilice cables y conectores de Categoría 3 o mayor.
- Para redes 100BASE-T, utilice cables y conectores de Categoría 5 o mayor.
- La longitud máxima del cable (de una estación de trabajo a un concentrador) es de 328 pies (100 metros).
- Para redes 10BASE-T, el número máximo de concentradores conectados consecutivamente en un segmento de la red es cuatro.



Hembra	Macho
Visto de frente	Conector visto de frente y desde arriba
	 TOP: FRONT:

Figura 2.24. Distribución de patillas en el conector RJ-45.

2.12.4. Conectores USB

Los ordenadores personales suelen disponer de varios conectores USB para conectar dispositivos compatibles con el estándar USB, que suelen ser periféricos, tales como teclados, ratones, impresoras y altavoces para el sistema.

Asignaciones de patillas en el conector USB

Patilla	Señal	E/S	Definición
1	Vcc	N/D	Voltaje de alimentación
2	DATA	E	Entrada de datos
3	+DATA	S	Salida de datos
4	GND	N/D	Tierra de señal





Ejercicios propuestos

- 2.1 Clasificar las técnicas de transmisión de datos en función de la tecnología empleada (síncrona o asíncrona), explicando sus características y aplicaciones.
- 2.2 ¿De qué manera es posible enviar un flujo de datos más rápidamente?
- 2.3 ¿Cuál es la razón por la que se sustituyen las comunicaciones asíncronas por las síncronas?
- 2.4 En una transmisión asíncrona, con un bit de arranque y dos de parada, calcular el tiempo para transmitir 1 Mbyte de información y el rendimiento del canal, si su velocidad es de 19,2 kbit/s.
- 2.5 Indicar cuál de las dos modalidades –serie y paralelo– de transmisión es más rápida y explicar el porqué.
- 2.6 ¿Cuáles son los métodos comunes de detección y corrección de errores en una transmisión de datos?
- 2.7 Explicar los distintos medios de transmisión utilizados para formar una red de telecomunicaciones, elaborando una tabla comparativa entre ellos. Para esto, elegir algunas características y analizar su estado en cada uno de ellos.
- 2.8 Describir el conector estándar correspondiente a la interfaz RS-232 (V.24) indicando la función de cada una de las líneas del mismo.
- 2.9 Establecer una relación entre el ancho de banda y la velocidad de transmisión.
- 2.10 Describir las principales normas para la detección y corrección de errores en una comunicación vía módem.
- 2.11 Explicar las técnicas de modulación empleadas para la conversión de señales analógicas en digitales.
- 2.12 En una comunicación por RTC, ¿cuáles son las fases que se distinguen?
- 2.13 Describir los comandos Hayes y enumerar algunas de sus aplicaciones. Utilizando los comandos Hayes, comprobar que el módem responde a la cadena de comandos AT. Por ejemplo, cambiar la configuración del mismo, marcar diferentes números telefónicos de destino, iniciar y finalizar una comunicación, realizar un test local y remoto, etc.
- 2.14 Explicar la función que realiza un módem en el proceso de comunicación de datos, enumerando las distintas normas que están aceptadas para su estandarización, indicando los parámetros (velocidad, tipo de línea, tipo de modulación, etc.) y características de cada una de ellas.
- 2.15 Realizar una transferencia asíncrona de datos entre dos PC utilizando un software de comunicaciones tipo Laplink, Bitcom o similar.
- 2.16 Explicar la función que realiza un multiplicador de interfaz en el proceso de comunicación de datos.
- 2.17 Describir las dos técnicas de multiplexación empleadas para la comunicación de datos a baja y media velocidad. ¿En qué casos es más recomendable utilizar una u otra?
- 2.18 Configurar un switch de 8 puertos con las direcciones MAC de los dispositivos a él conectados.
- 2.19 Añadir nuevo hardware USB a un PC con sistema operativo Windows 98 y a otro con Windows XP y observar las diferencias entre uno y otro caso.

2

Aspectos físicos de la transmisión de datos

Introducción

En cualquier red siempre vamos a encontrar un medio –de transmisión– por el que viajan los datos desde uno a otro punto, en el que se encuentra el emisor y el receptor del mensaje. En función del desarrollo tecnológico y de la mayor necesidad de ancho de banda se han ido sustituyendo unos medios por otros, empezando por el cable de cobre hasta llegar a la fibra óptica o la radio de banda ancha.

Un requisito de cualquier red es que la información llegue a su destino libre de errores, o si éstos se producen, que se pueda detectar tal hecho y corregirse. La información ha de ser fiable, por lo que muchos equipos incorporan procedimientos para garantizar que el receptor recibe una información fiel al original. Al mismo tiempo, se pide que ocupe el menor espacio para que el coste de transmisión sea bajo, por lo que se emplean técnicas de multiplexación y commutación para compartir las líneas.

Contenido

- 2.1. La transmisión de información
- 2.2. Transmisión asíncrona y síncrona
- 2.3. Métodos de detección y corrección de errores
- 2.4. Medios de transmisión
- 2.5. La interfaz de comunicaciones V.24 (RS-232)
- 2.6. Ancho de banda, velocidad de transmisión y de modulación
- 2.7. Transmisión digital. El módem
- 2.8. Detección y corrección de errores
- 2.9. Compartición de líneas
- 2.10. Los puertos de comunicaciones
- 2.11. El bus USB
- 2.12. Los conectores

Objetivos

- ▶ Presentar los elementos físicos que intervienen en una transmisión de datos y las distintas maneras en que se puede explotar un circuito.
- ▶ Incidir en la problemática y los errores debidos a los medios físicos de transmisión de información que obligan a tener muy en cuenta las especificaciones técnicas, físicas y eléctricas de los equipos de comunicación de datos.
- ▶ Explicar la técnica de transmisión digital, tomando como elemento básico de comunicaciones el módem, ampliamente utilizado a través de la red telefónica. A partir de aquí, explicar algunas de las técnicas utilizadas para compartir el medio de transmisión y cuáles son los puertos estandarizados de comunicaciones utilizados y conectores más habituales.
- ▶ Aprender a interpretar las especificaciones técnicas y de procedimiento que se recogen los manuales de instrucciones técnicas de los equipos.

2.1 La transmisión de información

Telecomunicaciones es un término relativo a la emisión y/o recepción a distancias de sonido, texto, datos o imágenes por hilos metálicos, radio, fibra óptica, microondas, satélites, etc. En general, la información que se intercambian dos o más interlocutores (figura 2.1) constituye el mensaje y, particularmente, en el ámbito de las telecomunicaciones, el mensaje es el conjunto de señales, signos o símbolos que son objeto de una comunicación a distancia.

Los servicios de telecomunicaciones son aquellos cuya prestación consiste, en su totalidad o en parte, en la transmisión y conducción de señales por las redes de telecomunicaciones, con excepción de la radiodifusión y la televisión que, según la Ley General de Telecomunicaciones, no son considerados como tales.

COMUNICACIÓN ENTRE USUARIOS

Red de Telecomunicación

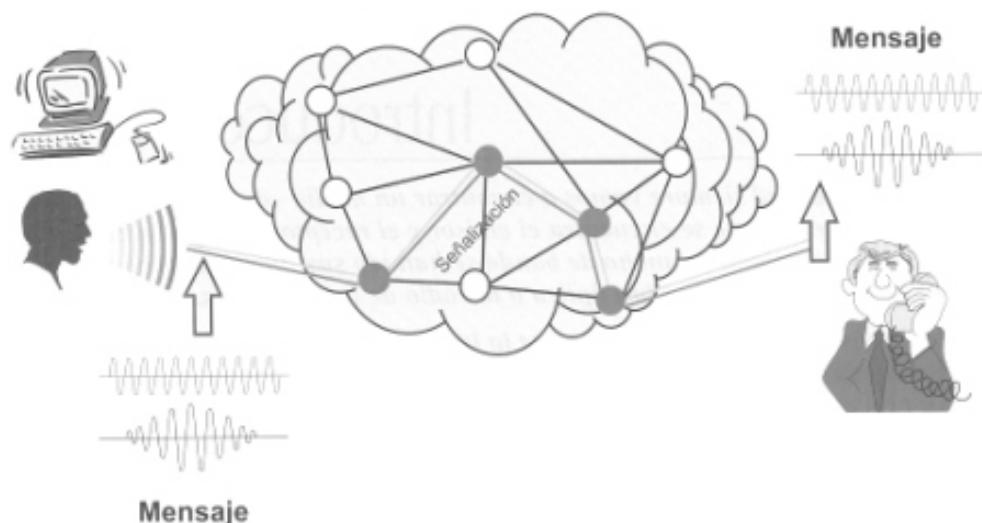


Figura 2.1. Comunicación de información entre dos usuarios a través de una red.

2.1.1. Transmisión serie y paralelo

En este caso estudiaremos las señales digitales por ser las más comunes en telecomunicaciones (las señales analógicas se suelen convertir a digitales para su tratamiento y envío a distancia) y, así, el envío de mensajes (formados por una combinación de ceros y unos, que son dígitos binarios o bits) entre dos dispositivos de comunicaciones se puede realizar de dos maneras diferentes: en **serie** y en **paralelo**.

- **Transmisión serie**

La transmisión serie cada vez se utiliza más, por la simplicidad de las interfaces y mayor alcance que la paralelo.

Es el modo más común de transmisión: todos los bits se transmiten secuencialmente (unos tras otros) por un único canal (circuito físico) de datos. Este tipo se emplea, habitualmente, cuando la distancia entre el emisor y el receptor es grande, en orden a economizar medios de transmisión. Un ejemplo típico de utilización es en la conexión de módems, mediante la interfaz V.24, que emplea un hilo para la transmisión de datos y otro para su recepción. Otro ejemplo lo constituyen los puertos USB, que alcanzan mayores velocidades –hasta 480 Mbit/s– pero menos distancia.

- **Transmisión paralelo**

Es un modo de transmisión que envía un número determinado de bits simultáneamente (un grupo a la vez) sobre líneas separadas (por ejemplo, 8 bits –1 byte– sobre

8 hilos), normalmente unidireccional. Consigue una velocidad de transferencia muy alta, aunque como contrapartida tiene la limitación de la distancia que alcanza, ya que si ésta es muy grande, se producirá una degradación de la señal; un ejemplo típico de utilización es la conexión de impresoras, mediante la interfaz Centronics, que usa un conector con 36 patillas, que transmite 8 bits de datos simultáneamente (*en paralelo*).

2.1.2. Métodos de explotación

En muchas ocasiones, los ordenadores u otros dispositivos de comunicaciones están configurados para poder funcionar como emisor y receptor de datos. En este caso pueden distinguirse tres formas de intercambio de los datos, atendiendo a los sentidos y tiempos en que se efectúa la transmisión. Dichos modos de intercambiar los datos son:

- **Símplex:** la transmisión se realiza solamente en un sentido, sin posibilidad de hacerlo en sentido opuesto. Esta forma de transmitir los datos se utiliza casi únicamente en el telecontrol, la telemetría y ciertas aplicaciones de difusión de información. La televisión es un buen ejemplo de esta forma de transmitir.
- **Semidúplex (half-duplex):** la transmisión se lleva a cabo alternativamente en uno u otro sentido, exigiendo un cierto tiempo para cada inversión, lo que reduce la eficiencia del sistema. Esta forma se adapta a las aplicaciones de tipo pregunta/resposta, como son las interactivas de consulta a base de datos.
- **Dúplex (full-duplex):** consiste en la transmisión simultánea e independiente en ambos sentidos. Esta forma de intercambio es mucho más eficiente que la anterior y se utiliza en aplicaciones que exigen un empleo constante del canal y un tiempo de respuesta elevado como son las interactivas y la telefonía vocal.

2.1.3. Transmisión analógica y digital

La transmisión de señales a través de un medio de comunicación es la manera habitual de hacer llegar un mensaje o información a su destino. Dependiendo de la forma de la señal que se envía y, en consecuencia, los medios de transmisión que se necesitan, se puede hablar de transmisión analógica y digital. Veamos lo que es cada una de ellas.

• Señales analógicas

Las señales analógicas, todas las que aparecen en el mundo físico natural, son las señales que se parecen al fenómeno que representan, en nuestro caso a los mensajes (información que se va a transmitir). Son variaciones continuas de una magnitud, normalmente voltios, que representan la variación del fenómeno físico: presión que produce el sonido, luminosidad de una imagen, temperatura, etc.

• Señales digitales

Otras señales, creadas por el hombre, totalmente artificiales, que no se parecen en nada al mensaje que quieren representar o que quieren transmitir, son las señales digitales, que tienen dos características principales, la primera: **sólo pueden tener dos niveles o dos valores** (luego veremos que esto no siempre es así y puede adoptar finitos valores, pero para la explicación es más conveniente hacer esta consideración). La señal analógica puede tener cualquier valor (voltios), pero en las señales digitales sólo son posibles dos valores de voltios: un valor alto y un valor bajo, no hay ningún valor intermedio. La segunda característica es que **la transición del valor alto al valor bajo no se puede producir en cualquier momento**, el momento no es caprichoso, **se tiene que producir en momentos predeterminados**. En la figura 2.2 podemos ver una representación de cada uno de los tipos de señal.

SEÑAL ANALÓGICA Y DIGITAL

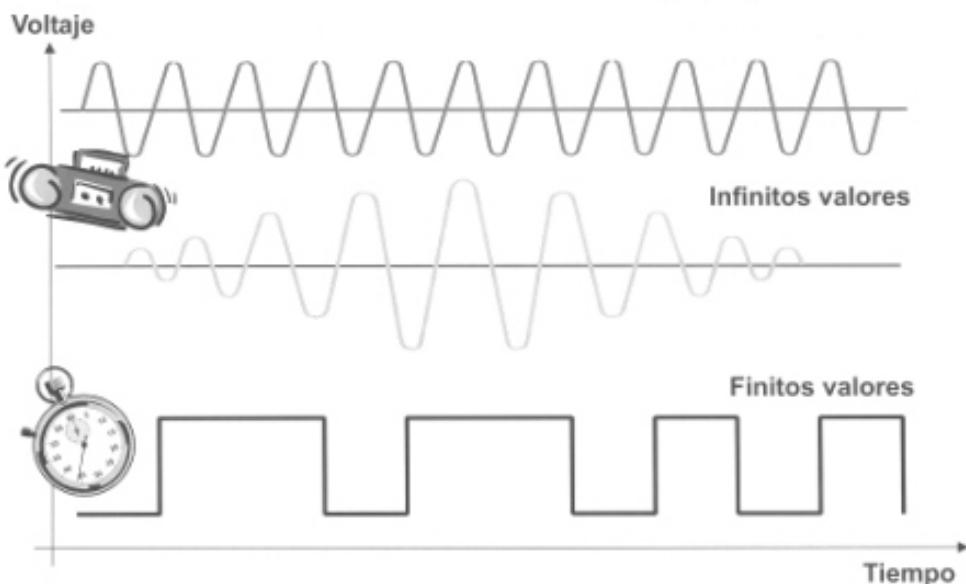


Figura 2.2. Representación de una señal analógica y otra digital.

2.2 Transmisión asíncrona y síncrona

La transmisión de señales puede ser analógica (los datos se representan por una variación continua de la señal) o digital (los datos se codifican con un 1 o un 0). En la transmisión de señales digitales, es absolutamente necesario que el emisor y el receptor estén sincronizados. Esto supone la necesidad de disponer de una base de tiempos (reloj) común para ambos, a fin de que el receptor recupere (interprete) correctamente la señal.

2.2.1. Transmisión asíncrona

En las transmisiones a baja velocidad (≤ 2.400 bit/s) conviene, por razones económicas, que el emisor transmita un carácter (normalmente es un código ASCII de 7 bits más un *bit de paridad*) tan pronto esté disponible para su emisión, con independencia del tiempo transcurrido desde la transmisión del último carácter.

Un bit de paridad se añade al final de cada carácter transmitido para detectar bits erróneos en la transmisión de un carácter. De esta forma se transmiten 8 bits (es decir, un byte) por cada carácter si se está utilizando el código ASCII. La técnica del bit de paridad es, por consiguiente, una técnica de detección de los errores que se producen en la transmisión de caracteres por las redes de telecomunicación.

Existen la *paridad par* y la *paridad impar*. Si se adopta la paridad par, en la transmisión se incluirá un bit de paridad “1” o “0” en función del número de bits “1” que tenga el carácter: si hay un número impar, el bit de paridad será un “1” y, si hay un número par, el bit de paridad será un “0”. De esta forma siempre se transmite un número par de “1”. El mecanismo de la paridad impar funciona de forma similar aunque el carácter transmitido tiene un número impar de “1”. El inconveniente de este método (de bit de paridad) es que el receptor no detecta un número par de bits erróneos, por lo que se requiere acudir a otras técnicas más sofisticadas.

Puesto que los caracteres se transmiten independientemente unos de otros, el receptor ha de sincronizar su base de tiempos (teóricamente igual a la que existe en el transmisor) con cada carácter que recibe, es decir, se le ha de indicar el inicio y el final del carácter. Por esta razón, a cada carácter que se transmite se le añade un *bit de arranque* o *bit start* al inicio del carácter y 1, 1,5 o 2 *bits de parada* o *bits stop* al final del mismo.

Como se puede comprobar, la eficiencia de este tipo de transmisión es baja ya que a cada carácter de información se le añaden de dos a tres bits de sincronismo que no llevan información.

2.2.2. Transmisión síncrona

Método de comunicación en el que los datos se envían en bloques, sin necesidad de los bits de inicio y final entre cada byte. La sincronización se consigue enviando una señal de reloj junto con los datos, y enviando pautas de bit especiales –de sincronización– para denotar el inicio de cada bloque.

En este tipo de transmisión, todas las señales digitales se transmiten consecutivamente y tienen la misma duración. Los datos fluyen del emisor al receptor con una cadencia fija y constante, marcada por una base de tiempos común para todos los elementos que intervienen en la transmisión. En la recepción se reconstruye la señal de reloj de origen a partir de la señal recibida. En la transmisión síncrona se suprime los bits de arranque y parada que acompañan a cada carácter en la transmisión asíncrona. Sin embargo, la transmisión síncrona tiene unas señales preliminares que se denominan bytes de sincronización o banderas (flags), siendo su misión principal alertar al receptor de la llegada de los datos.

En la figura 2.3 se pueden observar las diferencias existentes entre los dos tipos de transmisión.

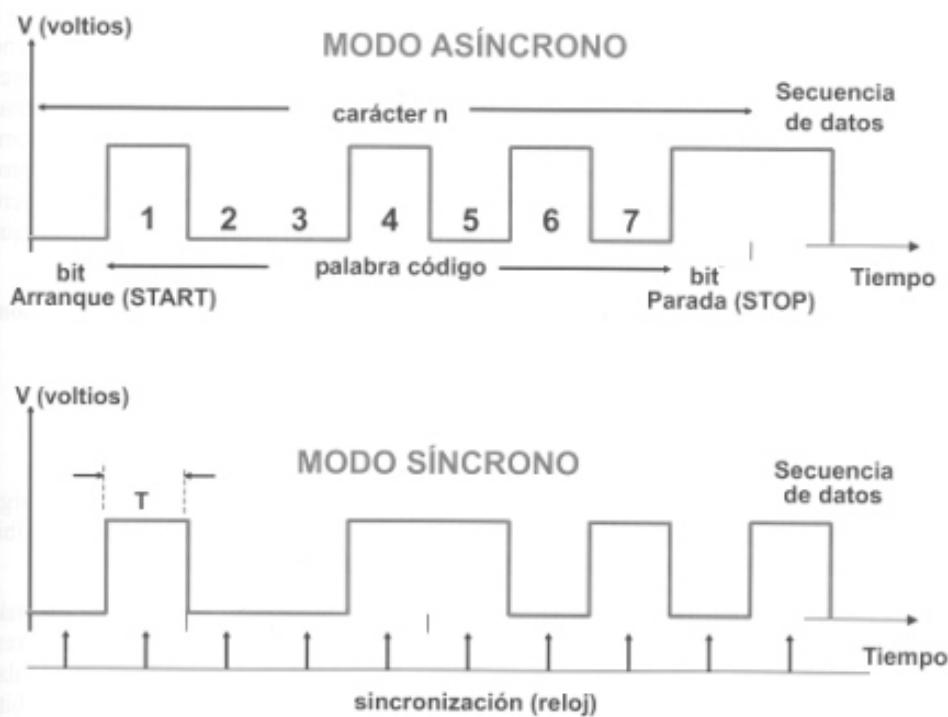


Figura 2.3. Formatos de transmisión asíncrona y síncrona, en donde la sincronización es la característica diferenciadora.

En el modo síncrono los bits se agrupan en bloques formando lo que, de momento, vamos a denominar *tramas*, que son bloques de bits que están estructurados y suelen incluir, como mínimo, cinco partes:

- Los *bytes de sincronismo* o *flags* indican al receptor el comienzo y final de un bloque (sincronismo de carácter y de bloque).
- El *campo de control* indica una acción del protocolo. También suele contener un número de secuencia de trama que sirve para que el receptor pueda ordenar las tramas que forman el mensaje (un mensaje largo se divide en varias tramas).

- El **campo de dirección** identifica a la estación emisora y/o receptora.
- Los **datos de usuario** tienen un campo propio y lo forman los caracteres del mensaje a transmitir. Algunas tramas no incluyen este campo (tramas de supervisión).
- El **campo de comprobación de errores** permite detectar si en la transmisión la trama ha sufrido la alteración (pasar de "1" a "0" o viceversa) de alguno o algunos de sus bits. La técnica más utilizada para la detección de errores en transmisión síncrona es la conocida como CRC.

La transmisión síncrona supone una mejor utilización o eficiencia de la línea (existe una mejor relación entre los bits de información y los bits necesarios para el sincronismo) y permite mayores velocidades, utilizándose a partir de los 2.400 bit/s.

2.3 Métodos de detección y corrección de errores

Los medios de transmisión no son ideales (perfectos), por lo que puede ocurrir que alteren la información que por ellos pasan, un fenómeno siempre indeseado, dando lugar a errores en la transmisión. Éstos pueden ser causados por el ruido presente en las líneas, que es la causa más común; por una degradación de la señal debido a la gran distancia que ha de recorrer; por interferencias con otras señales que circulan por los mismos circuitos o generadas por equipos próximos, como motores, microondas y fluorescentes, etc.

Cualquier error que se produzca da lugar a que los datos no lleguen correctamente a su destino; esto no es del todo grave si se detecta y se corrige, pero en el caso en que no sea detectado, el problema puede ser muy grave, como es fácil imaginarse. Los errores pueden dar lugar a pérdida de información o a una alteración de ésta, siendo ambas situaciones graves, por lo que para evitarlo se vienen utilizando, desde hace mucho tiempo, técnicas más o menos sofisticadas que tratan, en primer lugar, detectar que se ha producido algún error, y, en segundo lugar, corregirlo, algo que no siempre es posible, pero en este caso se pediría una retransmisión completa de todo el bloque de información que se supone es erróneo.

La corrección de los errores se puede hacer **en el destinatario o por retransmisión**; veamos en qué consiste cada método:

a) En el destinatario

Una vez que el destinatario detecta que hay errores en la transmisión, se encarga mediante la información redundante que le llega de modificar los bits erróneos recibidos. Este método se llama también "corrección hacia adelante".

Junto con el método de paridad simple que vimos antes, uno de los códigos más importantes es el de "Hamming", que sirve para la detección y corrección de errores, pero tiene una limitación en el número máximo de bits que puede corregir en cada palabra y por ello, el emisor y el receptor se ponen de acuerdo en el número máximo de bits que puede haber en cada palabra.

b) Por retransmisión

Este método es el más usado en la mayoría de los protocolos actuales. Cuando el receptor detecta un error, pide al emisor que retransmita el mensaje completo o parte de él.

Para poder usar este método, lógicamente, la comunicación debe ser bidireccional. Existen dos tipos:

- **Envío y espera:** el emisor envía bloques de información al receptor secuencialmente, pero no envía el siguiente hasta recibir información de que el anterior ha llegado bien. Esta forma de retransmisión es lenta pero segura.

- **Envío continuo:** el mensaje se fracciona en pequeños bloques que se numeran y se envían secuencialmente al receptor. Cuando el emisor detecta un bloque erróneo, manda una información al emisor indicándole en número de bloque que es incorrecto y entonces el emisor envía ese bloque otra vez o envía ese bloque y todos los que le siguen.

La redundancia cíclica (CRC) consiste en mandar junto con el mensaje una secuencia con información redundante (información adicional), la cual va a permitir la detección de errores con una gran probabilidad. En caso de que se detecten, se pide la retransmisión de esa trama.

2.3.1. Control de paridad

Uno de los métodos más utilizados para la detección de errores, por su simplicidad, es control de la paridad, consistente en añadir a la información de usuario una serie de bits que indican cualidades de esos datos. Así, si se produce una alteración en la información, al comprobar esas cualidades no se corresponderán con las indicadas por los bits adicionales, lo que será indicación y prueba de que se ha producido algún error. También pudiera suceder que los bits que indican las cualidades se vieran alterados, al mismo tiempo que la información, y por una serie de casualidades no indicasen error alguno, por lo que es necesario utilizar algunos métodos, suficientemente complejos, para que esto no suceda, como son los códigos de redundancia cíclica, que se explicarán en el apartado siguiente.

- **La paridad simple**

El método de la paridad consiste en agregar a cada byte (grupo de bits) un bit adicional que indica si el número de unos (1) que contiene el byte es par o impar, lo que es equivalente a hacer el OR-exclusivo de los bits que componen el mensaje.

La paridad simple puede ser **par** o **impar**. En el primer caso (paridad par), si el número de unos que contienen el carácter es par, se añade un cero (0) y, en el segundo (paridad impar), en el mismo caso, se añade un uno (1). Lo vemos con el siguiente ejemplo:

Paridad Par	10010000 (0)	11001000 (1)
Paridad Impar	10010000 (1)	11001000 (0)

El control de la paridad es un método sencillo pero efectivo de corregir cierto tipo de errores.

Si en una transmisión se altera un bit (o un número impar de ellos), es detectado y se puede corregir, pero si se alteran dos, o cualquier número par de ellos, el error pasaría desapercibido. Por esta razón, este método, aunque muy sencillo, no debe ser utilizado para transmitir información sensible, como puede ser la información financiera. La elección del tipo de paridad, par o impar, es indiferente, pero ambos equipos en los extremos tienen que haber seleccionado el mismo.

- **La paridad de bloque**

Para mejorar la detección y corrección de errores que se consigue con la paridad simple, se utiliza la denominada paridad de bloque, que utiliza un procedimiento consistente en organizar la información por bloques, formando una tabla de $m \times n$ bits, con los caracteres que componen el mensaje. Seguidamente, se calcula la paridad simple por filas y columnas y se envía con el mismo. Por ejemplo, si vamos a transmitir los cuatro caracteres siguientes:

10010000, 11100100, 01010101 y 10101011

Creamos una tabla de 8x4 bits:

1	0	0	1	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1

Y se calcula la paridad de cada una de las filas y columnas (elegimos paridad par):

1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	1	1
0	1	1	1	0	1	0	1	X

Transmitiéndose la secuencia

10010000 (**0**), 11100100 (**0**), 01010101 (**0**), 10101011 (**1**) y (**01110101**)

Cuando el receptor reciba la información, realiza el mismo proceso de cálculo de paridad con los bits de información, compara con el resultado inicial recibido y detecta si hay algún error, localizando además en qué bit de qué carácter se ha producido. Por ejemplo:

1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	0	1	0	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0	1	1	0
0	1	1	1	0	1	0	1	X

Se detecta que hay un error en la intersección de la cuarta fila y la tercera columna, con lo que puede reemplazar el uno (1) por un cero (0) y corregir el error, ya que solamente existe esa posibilidad al trabajar con dos estados binarios (0 y 1).

En el caso de que se pierdan varios bits de la secuencia de datos, el sistema es capaz de detectar que se ha producido el error, pero es incapaz de corregirlo. ¡Al menos lo ha detectado!, con lo que el error está controlado.

• Códigos de Hamming

Los denominados códigos autocorrectores de Hamming son un subconjunto de los códigos de control de paridad que, no sólo detectan los errores que se han producido en la transmisión, sino que además permite corregirlos.

Su principal característica es que los bits de comprobación van insertados entre los propios bits de datos, controlando cada uno la paridad de un cierto subconjunto de bits de datos. Los códigos de Hamming son distintos según el número de bits erróneos que pueden ir en cada palabra y son seguros en un porcentaje muy alto.

2.3.2. Códigos CRC

Otro método muy usado con los protocolos actuales para la detección y corrección de errores, que resuelve las carencias de los dos anteriores, es el código polinomial (también llamado *Cyclic Redundancy Code*, o CRC). Se tratan los flujos de bits como polinomios con coeficientes 0 o 1. Un mensaje de k bits con un grado de $k-1$ corresponde a:

$$\text{bit}(0) \cdot x^{k-1} + \dots + \text{bit}(n) \cdot x^{k-1-n} + \dots + \text{bit}(k-1) \cdot x^0$$

El CRC o Código de Redundancia Ciclica, es uno de los códigos más empleados, con distintos protocolos, para la detección de errores, reemplazando al método *Checksum* o suma de comprobación. Su mecanismo es muy simple, siendo una división de polinomios con coeficientes 0 o 1, y exponentes desde el número de orden del bit más significativo hasta el menos; el código CRC está dado por los coeficientes del polinomio que resulte como resto de esta división. Existen distintos polinomios divisores, tales como el CRC-16 y CRC-32, según la longitud de los bits de comprobación.

Los estándares internacionales son:

$$\text{CRC-12} = x^{12} + x^{11} + x^3 + x^2 + x + 1$$

$$\text{CRC-16} = x^{16} + x^{15} + x^2 + 1$$

$$\text{CRC-CCITT} = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$$

Los dos últimos detectan todos los errores de uno y dos bits, los errores con un número impar de bits invertidos, los grupos de errores con longitudes menor de o igual a 16, el 99,997% con longitudes de 17, y el 99,998% con longitudes mayor o igual a 18. El CCITT adoptó los códigos CRC como parte de algunas de sus normas, tal como es la V.41, empleando como polinomio generador el CRC-CCITT.

2.4 Medios de transmisión

Para llevar a cabo una conversación telefónica o una comunicación de datos, se precisa, además de las centrales o nodos de commutación, de unos medios de transmisión que los enlace. A través de estos medios se constituyen los circuitos individuales que van a poner en comunicación el terminal de un usuario con el de otro, proporcionando un canal normalizado.

Los medios más comunes (figura 2.4) empleados para la constitución de los circuitos, son:

- Cables de pares.
- Cables coaxiales.
- Fibra óptica.
- Enlaces de microondas.
- Satélites.



La capacidad de un medio de transmisión no sólo depende de él, sino del ruido que pueda estar asociado a la señal.

Figura 2.4. Medios de conexión (acceso) y tecnologías utilizados para el acceso a las redes de telecomunicaciones.

2.4.1. Cables de pares

En el caso de la red telefónica, la acometida interior en casa de los usuarios se realiza con el típico cable de color crema, constituido por dos hilos de cobre. La identificación de los conductores se realiza mediante un resalte o nervio dispuesto longitudinalmente en uno de ellos.

Para la acometida exterior se emplea el típico cable negro formado por dos conductores de acero cobreado de calibre 1 mm, dispuestos en paralelo, que lleva un alambre de acero galvanizado para soportarlo en el caso de que sea aéreo.

El bucle de abonado (bucle local) es siempre a dos hilos (par de cobre), y se emplea tanto para la transmisión como para la recepción, pero al llegar a la central interurbana se transforma, mediante la bobina híbrida, a cuatro hilos, separándose entonces una de otra, ya que al efectuarse la unión con otras ciudades a través de sistemas de transmisión, éstos necesitan cuatro hilos para transmitir la conversación por emplear circuitos amplificadores que actúan en un único sentido.

En el caso de redes de datos, dado que se utilizan velocidades altas y señales digitales, se emplean otros cables específicos, con varios conductores, pudiendo ser apantallados (STP) o sin apantallar (UTP).

- UTP (Unshielded Twisted Pair)



Figura 2.5. Cable de pares, utilizado para las comunicaciones de datos y telefónicas.

Iniciales de ***Unshielded Twisted Pair (Par Trenzado sin Pantalla)***. En el pasado estos cables eran los llamados de voz (*voice grade*) para distinguirlos de los de datos (*data grade*), siendo los telefónicos los más extendidos; actualmente, la mejora continua de los cables UTP y la estandarización de los mismos han permitido su clasificación en categorías (Categorías 1 y 2 para voz, y desde la 3 hasta la 6 para datos). El par trenzado sin apantallar es el más usado como medio de transmisión para redes de área local, debido a ser el más barato, muy sencillo de instalación y conectar, y el más flexible. Su impedancia es de 100 Ohmios.

- Cables STP (Shielded Twisted Pair)

Son las iniciales de ***Shielded Twisted Pair (Par Trenzado Apantallado)***. Un cable en el cual los conductores de cobre van trenzados por parejas, y cada pareja de éstos cubierta por una capa metálica que hace de pantalla para evitar interferencias. Es más caro que el UTP y menos flexible, pero presenta la ventaja de poder superar ampliamente los 100 Mbit/s. Su impedancia característica es de 150 Ohmios.

2.4.2. Cables coaxiales

Los cables coaxiales están siendo reemplazados por la fibra óptica, con mayor capacidad y más ligera, además de ser inmune frente a las interferencias electromagnéticas.

Los cables coaxiales, los mismos que los de antena de TV, han sido ampliamente empleados en telefonía, como medios de transmisión de gran capacidad para la unión de centrales y para la constitución de circuitos internacionales, terrestres o submarinos, pero ahora están siendo sustituidos por la fibra óptica.

Un cable coaxial está constituido por dos conductores, de cobre o de aluminio, uno interior cilíndrico y macizo, insertado dentro de otro exterior y separado de él por un material aislante, que puede estar inyectado de forma continua o espaciadamente, formado una espiral o anillas, formando ambos un conjunto concéntrico. Esta estructura (figura 2.6) garantiza una buena protección frente a interferencias y evita pérdidas por radiación al exterior.

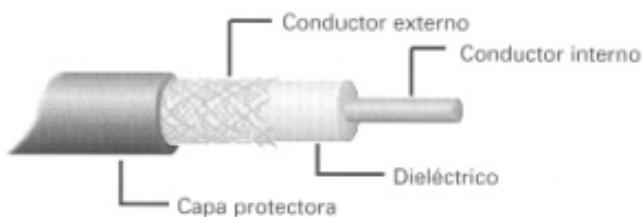


Figura 2.6. Estructura de un cable coaxial, que muestra sus componentes.

Los cables coaxiales individuales se agrupan en mazos para formar cables a su vez mayores y, en caso de ir enterrados en el lecho submarino requieren de técnicas especiales de construcción para evitar las tensiones y ser atacados por la corrosión, además de tener que colocar repetidores cada cierta distancia.

2.4.3. La fibra óptica

La fibra óptica es un medio de transmisión constituido por un núcleo de vidrio o plástico (por ser más barato) y un revestimiento que mantiene la luz en su interior (figura 2.7). Presenta dos grandes ventajas frente a los cables de cobre: un mayor ancho de banda e inmunidad frente a interferencias electromagnéticas, por lo que es ampliamente utilizado, conforme su precio se va reduciendo y se alcanzan mayores distancias sin repetidores, para la interconexión de centrales, reemplazando a los coaxiales. Para alimentar a las fibras ópticas se emplea un láser o un diodo LED.



Figura 2.7. Estructura de la fibra óptica, mostrando el núcleo y la cubierta.

La señal eléctrica se transforma en luminosa y, modulada en forma de pulsos, se transmite a través del núcleo hasta el receptor, donde es convertida en eléctrica, sin que haya una gran pérdida de potencia. En la fibra óptica el ancho de banda puede ser superior a 2 Gbit/s, con atenuaciones muy bajas. Las longitudes de onda (nm) a las que la fibra presenta menos atenuación se denominan ventanas, existiendo básicamente tres: 1^a (850 nm), 2^a (1.300 nm) y 3^a (1.550 nm).

Fibra Monomodo

Si el diámetro del núcleo de la fibra (suele ser entre 1 y 10 μm y el del recubrimiento en torno a los 125 μm) es similar a la longitud de onda, sólo un rayo o modo puede viajar a través de ella. Esta solución proporciona un gran ancho de banda (varios GHz), pero está sujeto a una gran atenuación. Se emplean en enlaces de larga distancia.

Fibra Multimodo

Para que se transmita en modo *multimodo* se precisa que el diámetro del núcleo sea muy superior a la longitud de onda de la señal luminosa a transmitir. Ésta, que entra por un extremo de la fibra con diferentes ángulos, se ve refractada innumerables veces en su camino hacia el otro extremo, llegando por tanto con diferentes fases. Puede ser de *índice gradual* y de *índice escalonado*, según que el índice de refracción del recubrimiento varíe poco a poco o de manera brusca.

• Tipos de conectores

Las fibras ópticas se sueldan entre ellas para realizar empalmes o bien terminan en unos conectores que han de ser de bajas pérdidas. Si se realizan empalmes, ésta es una labor delicada que requiere de instrumentos de precisión para el corte, pulido de las fibras y soldadura de las mismas, ayudándose de un microscopio para la observación.

Para la conexión a los equipos finales se emplean conectores, que han de procurar el perfecto alineamiento de las fibras para que las pérdidas sean mínimas, siendo los tipos más frecuentes los que se relacionan en la tabla siguiente y se muestran en la figura 2.8.

La conexión de fibras ópticas mediante conectores no es tan eficaz como la soldadura, pero es más sencilla y permite la desconexión temporal de las mismas.

Conectores	Acoplamiento	Tipo de fibra óptica	Pérdidas Conectores (dB)
ST	Bayoneta	SM y MM	0,30 SM – 0,40 MM
SMA	Rosca	MM	0,60 MM
FC/PC	Guía + Rosca	SM Y MM	0,20 SM – 0,15 MM
SC	Push-Pull	SM y MM	0,20 SM – 0,15 MM

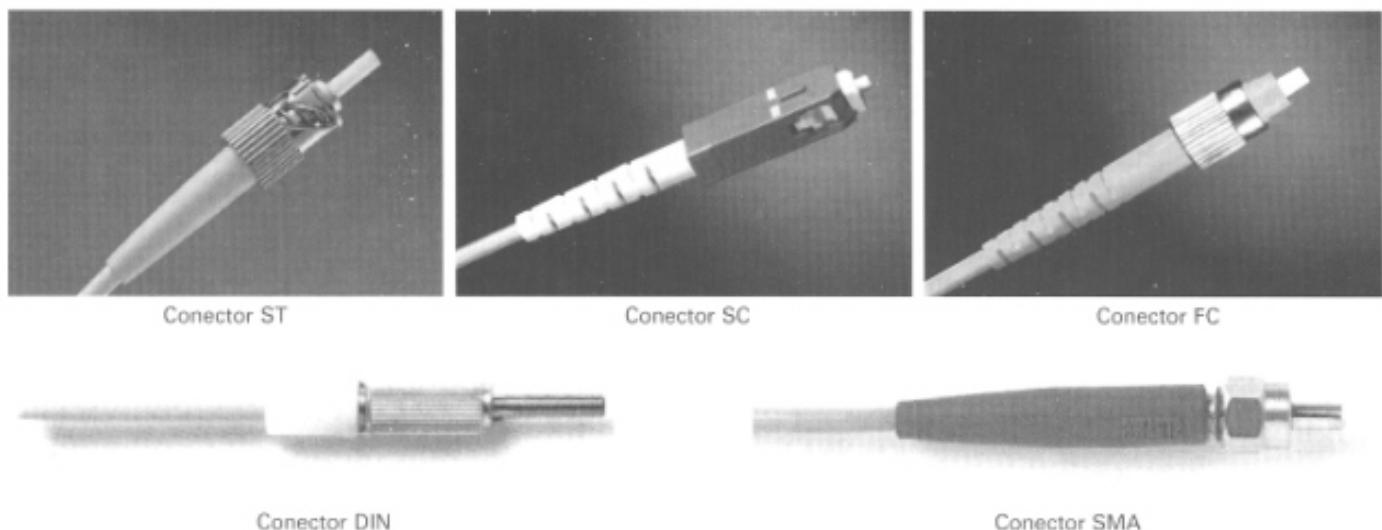


Figura 2.8. Tipos de conectores utilizados con las fibras ópticas.

El acoplamiento óptico en la mayoría de los conectores se produce enfrentando las caras previamente preparadas de las fibras ópticas y manteniéndolas muy juntas. Las pérdidas en un conector se producen por varios factores: mala alineación (radial y angular), reflexión en las superficies aire-vidrio, separación entre las fibras (necesaria para que no se rayen entre sí), variaciones del tamaño del núcleo, de la apertura numérica de la fibra, etc.

Para conectar fibras ópticas se suelen encerrar los dos extremos en vainas cilíndricas de los que sólo sobresalen las caras planas de los extremos. Entonces las dos vainas se alinean en un taladro de precisión. Hay que proteger bien las fibras de los esfuerzos mecánicos en el cable para evitar separaciones entre las superficies enfrentadas. En el caso de fibras de núcleo muy pequeño, se dispone de conectores ajustables, que permiten una gran precisión en el alineamiento. Su desventaja es que necesitamos tener acceso a los dos extremos del cable del sistema para medir la potencia transmitida después de acoplar cada par de conectores.

2.4.4. Enlace de microondas

Los enlaces de microondas se utilizan como alternativa a las líneas punto a punto, permitiendo cubrir distancias de varios kilómetros.

Para la transmisión de señales, vía radio, se utilizan dos estaciones, una emisora y otra receptora, que han de tener un enlace visual y utilizar antenas parabólicas de dimensiones adecuadas, según la longitud de onda (inversa de la frecuencia) de la señal a transmitir y de los márgenes de potencia disponibles. El enlace puede ser tanto terrestre como espacial, según que las estaciones estén situadas sobre la Tierra o en órbita (satélites). Un ejemplo actual de uso se da en los sistemas de difusión LMDS, punto a multipunto, para los que a lo largo del año 2000 se concedieron varias licencias, en las bandas de 3,5 GHz y 26 GHz.

Satélites

Los satélites de comunicaciones son repetidores de la señal situados, por ejemplo, a gran distancia de la Tierra en una órbita geoestacionaria (36.000 km sobre el Ecuador/una vuelta cada 24 horas), desde el que tenemos visión hacia una gran zona, un continente incluso. Otros tipos de órbitas son la denominada geosíncrona, que implica una vuelta cada 24 horas, pero situándose el satélite en un plano distinto al del ecuador, las LEO u órbitas bajas y las MEO u órbitas intermedias, que requieren mayor número de satélites para dar cobertura.

La transmisión se origina en un solo punto; desde una estación terrestre se envía hacia el satélite, que actúa como repetidor, enviando la señal recibida desde múltiples estaciones. Debido al largo camino que ha de recorrer la señal (71.800 km entre ida y vuelta), existe un retardo entre el momento en que se emite ésta y el momento en que es recibida (generalmente de 240 milisegundos), por lo que hay que tomar precauciones con ciertas aplicaciones. Éste no influye en las transmisiones en un solo sentido, tales como radio y TV, pero sí lo hace en aquéllas bidireccionales, como son las conversaciones telefónicas y la transmisión de datos, empleándose canceladores de eco para evitar sus efectos.

2.5 La interfaz de comunicaciones V.24 (RS-232)

Por interfaz (*interface*) se entiende un dispositivo (circuito, convertidor, adaptador, etc.) que sirve para conectar o enlazar dos equipos, con el objeto de que intercambien información.

En el campo de las comunicaciones y la informática puede tener otras acepciones, pero aquí se verá ésta, y, más concretamente, referida a la conexión entre terminales y equipos de comunicaciones, por ser ésta una de las más comunes.

La necesidad de disponer en cada equipo de una interfaz normalizada es evidente, ya que de otra manera sería imposible conectar equipos de distintos fabricantes. La normativa más extendida para la transmisión de señales digitales, en modo serie, es la definida por el CCITT (ahora denominado UIT-T) en su recomendación V.24 (lista de definiciones de circuitos de intercambio entre equipos terminales de datos (ETD) y equipos terminales del circuito de datos (ETCD), que tiene su equivalente en la RS-232 (*Recommended Standard*) de EIA (*Electronic Industry Association*).

La interfaz V.24 ha sido la más utilizada en las comunicaciones serie hasta la aparición de USB.

2.5.1. Características

Los aspectos más importantes de la norma V.24, que define las características funcionales, se complementan con la norma V.28 –características eléctricas– y la ISO 2110 –mecánicas–, estando casi siempre asociadas en la definición de la interfaz de que se trate. Veamos a continuación cada uno de ellos.

Mecánicas

La interconexión se efectúa mediante dos conectores de 25 patillas, tipo DB-25, siendo macho el que incorpora el ETD y hembra el del ETCD, aunque algunas veces este criterio se puede contravenir, o incluso emplear conectores más pequeños (DB-15 y DB-9) ya que no todas las señales se necesitan. Mediante un cable, plano o redondo, se conecta cada una de las patillas, constituyendo cada conexión un circuito de enlace, identificado por un número determinado.

Eléctricas

Las características eléctricas se describen con todo detalle en las recomendaciones V.10, V.11 y V.28, cada una específica para un tipo de aplicación.

- V.10 Circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que emplean tecnología de circuitos integrados y funcionan a velocidades entre 20 y 100 kbit/s.
- V.11 Circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que emplean tecnología de circuitos integrados y funcionan a velocidades hasta 10 Mbit/s.
- V.28 Circuitos de enlace asimétricos para uso con equipos que emplean tecnología de circuitos discretos y funcionan a velocidades inferiores a 20 kbit/s. Esta última recomendación (V.28) es la adoptada por la mayoría de los módems. La

distancia máxima que soporta esta interfaz, con un cable estándar, se ve reducida a 15 metros, aunque para velocidades bajas, o si se emplea un cable de baja capacidad, puede superarla ampliamente.

La señal de trabajo suele ser de unos 12 voltios, admitiéndose cualquier otra dentro del margen +3 a +25 y -3 a -25, siendo el comprendido entre +3 y -3 no utilizable para evitar los problemas por una señal de ruido.

2.5.2. Descripción funcional

Los circuitos necesarios para establecer el diálogo entre los equipos se pueden clasificar en cuatro clases diferentes (datos, tiempo, control y tierra), siendo sus funciones y asignación de patillas las que se indican en la tabla de la figura 2.9.

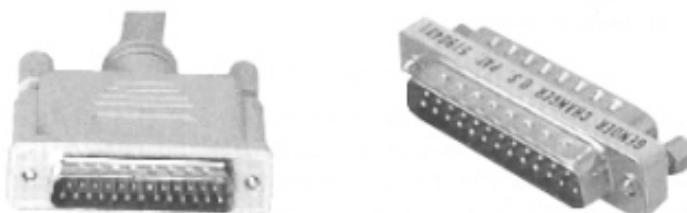
FUNCIÓN	NOMBRE	CIRCUITO	PATILLA	SENTIDO ETD/ETCD
CIRCUITOS PARA TRANSMISIÓN				
Emisión de datos	TD	103	2	->
Recepción de datos	RD	104	3	<-
Reloj de transmisión	TC	114	15	<-
Reloj de recepción	RC	115	17	<-
Reloj transmisión externo	ETC	113	24	->
Detección de portadora	DCD	109	8	<-
Selección de velocidad	SB	111	23	->
CIRCUITOS PARA INICIALIZACIÓN				
Petición de emisión	RTS	105	4	->
Preparado para transmitir	CTS	106	5	<-
CIRCUITOS PARA ESTABLECIMIENTO				
Equipo de comunicación preparado	DSR	107	6	<-
Indicador de llamada	IR	125	22	<-
Conectar el módem a la línea	DML	108.1	20	->
Terminal de datos preparado	DTR	108.2	20	->
CIRCUITOS PARA SUPERVISIÓN				
Equivalente a los circuitos 103, 104, 105, 106 y 109 para el canal secundario	(S)TD (S)RD (S)RTS (S)CTS (S)DCD	118 119 120 121 122	14 16 19 13 12	-> <- -> <- <-
CIRCUITOS DIVERSOS				
Tierra de protección	FG	101	1	—
Tierra de señalización	SG	102	7	—
Detector calidad señal recibida	SQ	110	21	<-
Elección de línea de reserva		116	9	->
Línea de reserva preparada		117	10	<-
Control de bucle 2 remoto		140	21	->
Control de bucle 3 local		141	18	->
Indicador de test		142	25	<-

Figura 2.9. Circuitos y sus funciones de la recomendación V.24 del CCITT.

Normalmente, en un enlace no se emplean todos los circuitos, sino que se hace uso de un número limitado de ellos, que varía en función de que sea una transmisión asíncrona o síncrona y de que los equipos a conectar posean mayor o menor grado de inteligencia para efectuar el control de la transmisión mediante el propio protocolo lógico, sin necesidad de control físico.

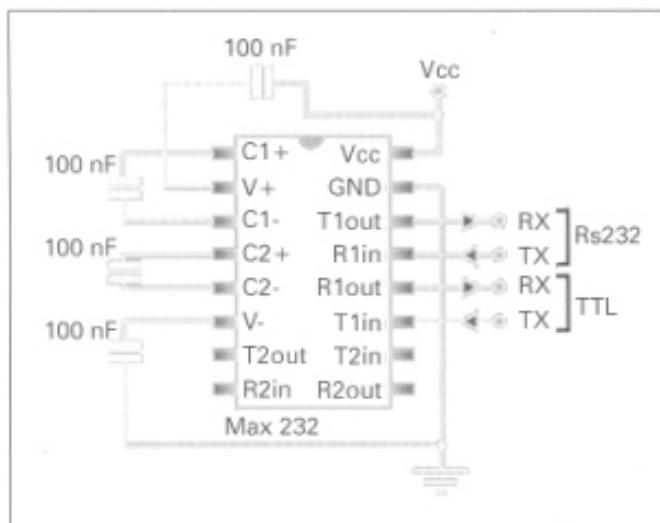
Realícese un adaptador TTL a RS232 y compruébese el funcionamiento.

La implementación se realiza sobre un conector de 25 patillas tipo DB25. Las señales de trabajo tienen dos niveles: de +3 a +25 V y de -3 a -25 V para evitar ruidos que podrían afectar a la transmisión.



Conector DB25 con carcasa y adaptador para cambiar el género (Macho/Hembra).

El adaptador se puede basar en el circuito integrado MAX232, que tiene cuatro conversores de TTL a RS232 y viceversa. Consta de dos conversores TTL/RS232 y otros dos RS232/TTL, pudiéndose usar las señales TX, RX, RTS, CTS del puerto serie del ordenador. Las líneas RTS y CTS no son imprescindibles. Una aplicación se puede ver en la siguiente figura:



Ejercicio Resuelto 2.1



2.6 Ancho de banda, velocidad de transmisión y de modulación

Veremos ahora algunos conceptos importantes ligados con la capacidad de un medio de comunicación, directamente relacionados con la velocidad a la que el usuario puede enviar y recibir información.

2.6.1. Ancho de banda

Para que una conversación telefónica sea inteligible y se pueda distinguir al interlocutor, el sistema (cables, centrales de conmutación, etc.) ha de *poder dejar pasar* el margen de frecuencias entre los 300 y 3.400 Hz (la información vocal está contenida en él en su mayor parte) con la mínima distorsión posible. De esta forma, la señal vocal llegará a nuestro interlocutor con una calidad adecuada.



Visto el ejemplo del sistema telefónico, la asimilación de lo que significa el ancho de banda es sencilla. Cuando un servicio que transporta una señal analógica, como el servicio telefónico, se refiere al ancho de banda, se está indicando el margen de frecuencias que es capaz de soportar el sistema sin causar una distorsión apreciable a la señal para la calidad de servicio establecida.

De esta forma, queda establecido que el ancho de banda disponible en los circuitos del servicio telefónico es de:

$$3.400 - 300 = 3.100 \text{ Hz}$$

En los servicios de telecomunicación en los que la señal es digital, como por ejemplo la transmisión de datos a través de una red de paquetes, el ancho de banda no se indica en hercios, sino que se mide en bit/s. Así, los proveedores de telecomunicación ofrecen servicios en los que el acceso a sus redes se contratan en función del ancho de banda que necesita el usuario: 9.600 bit/s, 64 kbit/s y así hasta los Megabit/s ($1 \text{ Mbit/s} = 1.000.000 \text{ bit/s}$) o Gigabit/s.

La velocidad de transmisión que se puede alcanzar sobre un determinado circuito se define como el número máximo de bits que se transmiten por segundo (bit/s) y su límite viene dado por el ancho de banda del mismo y por la relación señal/ruido que presente, según las siguientes fórmulas:

$$C = 2W \log_2 n \quad \text{Para una línea ideal sin ruido}$$

en donde C representa la capacidad de transferencia máxima del canal expresada en bit/s; W el ancho del canal en Hz y n el número de estados posibles de señalización en la línea.

Si se considera una línea no ideal, en la que existe ruido, la fórmula es, según el teorema de Shannon:

$$C = W \log_2 (1+S/N) \quad \text{Para una línea no ideal con ruido}$$

Siendo S/N la relación señal/ruido. Para un ancho de banda de 3.100 Hz y un nivel de señal 1.000 veces superior al ruido, resulta una capacidad teórica de 31.000 bit/s.

2.6.2. Velocidad de transmisión

Es el parámetro que mide el flujo máximo de bits que pueden transmitirse entre dos equipos de datos (por ejemplo, ordenadores) en un segundo. Por consiguiente, la velocidad viene dada en bit/s. Como puede comprobarse, este parámetro se puede confundir con el del ancho de banda, pero no tiene por qué ser así. En concreto, la velocidad de transmisión (V_t) se refiere exclusivamente a la velocidad con que los datos fluyen en la entrada/salida del terminal (antes de llegar al módem si lo hubiese).

$$V_t = 1/t \log_2 n \text{ bit/s}$$

en donde n es el número de estados distintos en la línea. Para $n=2$ (estados 0 y 1) la velocidad de modulación coincide con la de transmisión; para $n=4$ (estados 00, 01, 10 y 11) es el doble; para $n=3$ el triple, etc.

Ejercicio Resuelto 2.2



Calcúlese la velocidad máxima, sin compresión, utilizando una línea de transmisión cuya frecuencia inferior de corte sea 300 Hz y la superior de 3.400 Hz (la propia de un canal telefónico). Supóngase una relación Señal/Ruido de 1.000.

SOLUCIÓN

En primer lugar se calcula el ancho de banda W :

$$W = f_{sc} - f_{ic}$$

$$W = 3.400 - 300$$

$$W = 3.100 \text{ Hz}$$

Aplicando la expresión del teorema de Shannon:

$$C = W \cdot \log_2 (1+S/N)$$

Y desarrollándola se obtiene:

$$C / W = \log_2 (1+S/N)$$

$$2^{C/W} = (1+S/N)$$

$$\log(2^{C/W}) = \log (1+S/N)$$

$$\frac{C}{W} \cdot \log 2 = \log (1+S/N)$$

Y despejando C resulta:

$$C = \frac{W \cdot \log (1+S/N)}{\log 2}$$

Sustituyendo valores:

$$C = \frac{3.100 \cdot \log (1+1.000)}{\log 2}$$

Se obtiene:

$$C = 30.898 \text{ bit/s}$$

$$C \approx 31.000 \text{ bit/s}$$

2.6.3. Velocidad de modulación

Por una línea de transmisión (par telefónico, cable coaxial,...) pueden transmitirse señales que cambien de estado, como por ejemplo un bit que se transmite como un “1” y el siguiente bit pase a ser un “0”. Se define la *velocidad de modulación* (V_M) como el número máximo de veces por segundo que puede cambiar el estado de la señal en la línea de transmisión.

$$V_M = 1/t \text{ baudios}$$

en donde t es la duración en segundos del intervalo significativo mínimo.

Tal y como se refleja en la definición, este parámetro es específico en el contexto de la línea de transmisión, es decir, sólo se hace referencia a ella cuando se quiere indicar la velocidad a la que se están transmitiendo los datos por la línea de transmisión. Su unidad es el *baudio*. Existe una relación entre la velocidad de transmisión y la velocidad de modulación, que viene dada por la siguiente ecuación:

$$V_t = V_M \lg_2 n \text{ bit/s}$$

Si la señal sólo puede tener dos estados (0 y 1), entonces $n = 2$ y resulta que $V_t = V_M$, es decir, el número de bit/s coincide con el número de baudios. Si la señal tuviera 4 (modulación QPSK por ejemplo) o más estados, cada uno de éstos llevaría más de un bit de información. En este caso el número de bits transmitidos no coincide con el número de símbolos.

El Baudio ha sido una unidad muy utilizada en telegrafía, pero en las comunicaciones de datos es más propio utilizar los bits por segundo (bit/s, kbit/s, Mbit/s, Gbit/s, etc.)

Ejercicio Resuelto 2.3



Calcúlese la velocidad máxima, sin compresión, utilizando una línea de transmisión cuya frecuencia inferior de corte sea de 100 Hz y la superior de 19.000 Hz.

SOLUCIÓN

En primer lugar se calcula el ancho de banda W:

$$\begin{aligned}W &= f_{sc} - f_{ic} \\W &= 19.000 - 100 \\W &= 18.900 \text{ Hz}\end{aligned}$$

Aplicando la expresión del teorema de Shannon:

$$C = W \cdot \log_2 (1+S/N)$$

Y despejando, se obtiene:

$$C = \frac{W \cdot \log (1+S/N)}{\log 2}$$

Sustituyendo valores:

$$C = \frac{18.900 \cdot \log (1+1.000)}{\log 2}$$

Se obtiene:

$$C = 188.381 \text{ bit/s}$$

$$C \approx 190.000 \text{ bit/s}$$

2.7 Transmisión digital. El módem

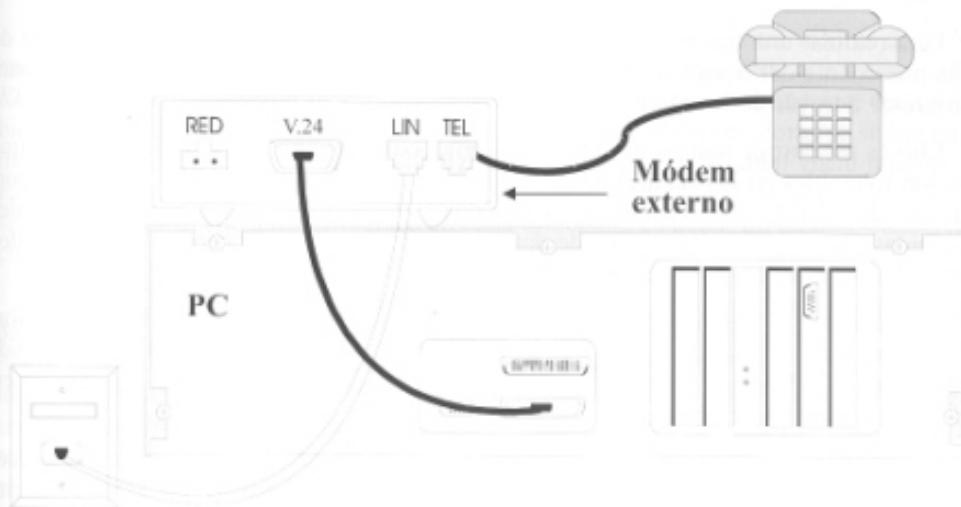
Para el intercambio de datos a distancia, uno de los medios de transmisión más utilizados es la Red Telefónica Básica (RTB), con una amplia cobertura y un coste bajo; puesto que ésta ha sido concebida para la transmisión de señales vocales –analógicas– y no de datos –digitales–, se hace necesario transformar las señales proporcionadas por los ordenadores o terminales con el fin de adaptarlas a las características de los circuitos telefónicos. Esto se consigue mediante el empleo, en ambos extremos, de los módems, palabra derivada de **M**ODulador/**D**EModulador.

Los módems son, desde los años 70 cuando se permitió su conexión directa a la línea telefónica, el dispositivo de comunicaciones por excelencia; son millones las unidades en servicio y millones el número de usuarios que cada día los emplean. A pesar de todos los adelantos de la tecnología, la invasión de las LAN, etc., los módems forman parte esencial de cualquier sistema de comunicaciones, avanzando en prestaciones –mayor velocidad y seguridad– para cubrir las nuevas aplicaciones que demandan mayor ancho de banda. Con los módems, de una manera muy simple es posible establecer una comunicación de datos desde cualquier lugar en el que haya una toma de teléfono (figura 2.10), por ejemplo, para conectarse a Internet.

A nivel físico (eléctrico), la interfaz comúnmente empleada por los módems es la definida por la recomendación V.24/V.28 del CCITT (*International Telegraph and Telephone Consultative Committee*), que tiene su equivalencia en la norma RS-232 de EIA y, últimamente, la USB (*Universal Serial Bus*), que ofrece mayores prestaciones.

El envío de una secuencia de datos entre dos dispositivos se puede realizar de dos maneras diferentes: **serie**, cuando los datos se transfieren bit a bit utilizando un único canal y **paralelo**, en el caso de que todos los bits de un carácter se transfieran simultáneamente, utilizando tantos canales como bits lo formen.

CONEXIÓN DE UN MÓDEM A LA RTC



Roseta Telefónica

Figura 2.10. Conexión de un módem a la red telefónica comutada.

2.7.1. Normalización según la UIT-T (CCITT)

Es bastante usual denominar a los módems por la serie "V" del CCITT (ahora llamado UIT-T) a la que pertenecen; entre éstas tenemos (figura 2.11):

- V.22** 1.200/600 bit/s en dúplex, utilizada en los viejos portátiles.
- V.22bis** 2.400/1.200/600 bit/s en dúplex; aún utilizada por ser la máxima velocidad de algunos servicios que utilizan la red telefónica básica.
- V.23** 1200 bit/s/75 bit/s en dúplex; tuvo su máximo interés en aplicaciones interactivas, tal como el videotex.
- V.26** 2.400/1.200, tanto en sus versiones *bis* o *ter* no ha sido un módem popular, debido al empleo del V.22bis.
- V.27ter** 4.800/2.400 bit/s en semidúplex, utilizada como *fallback* del V.29, en caso de mala calidad de la línea, en las comunicaciones de FAX.
- V.29** 9.600 bit/s en semidúplex, utilizada principalmente en las comunicaciones de FAX.
- V.32** 9.600/7.200/4.800 bit/s en dúplex, consigue una velocidad alta sobre las líneas telefónicas. Ha sido muy popular, junto con el V.32bis.
- V.32bis** 14.400 bit/s en dúplex, con bajada a 12.000 bit/s como *back-up*.
- V.34** 28.800 bit/s en dúplex sobre líneas analógicas a 2 hilos.
- V.34bis** Es una versión posterior del V.34 que permite alcanzar hasta los 33.600 bit/s. Es el estándar mínimo recomendado para el acceso a Internet.
- V.90** Funciona hasta 56 kbit/s en sentido descendente (hacia el usuario) y 33,6 kbit/s en sentido ascendente (hacia la red).
- V.92** Apareció en el año 2000. Consigue hasta 48 kbit/s en ascendente y un menor tiempo de respuesta, además de otras mejoras, como que el usuario reciba llamadas entrantes mientras está conectado a la Red, sin necesidad de interrumpir la conexión.
- V.92bis** Es la última norma aparecida y consigue velocidades de hasta 56 kbit/s, tanto en sentido descendente como ascendente. Hoy día resulta imprescindible para el acceso a Internet a través de la RTC.

Figura 2.11. Serie de normas "V" del CCITT, ahora UIT-T, relativas a los módems.

2.7.2. Técnicas de modulación

Para realizar una transmisión de datos, a través de la red telefónica, la secuencia de bits procedente del equipo terminal de datos ha de transformarse en otra adecuada para progresar a través de los medios de transmisión analógicos disponibles.

Ello es así porque una secuencia digital produce picos en el espectro de la señal que no son tolerables en los canales telefónicos –con un ancho de banda de 3.100 Hz– porque pueden dar lugar a diafonía entre canales y generar una distorsión de las señales recibidas. Además, las secuencias de datos con gran cantidad de ceros o unos seguidos dificultarían el sincronismo en el receptor.

Con las actuales técnicas de modulación los módems consiguen alcanzar una velocidad de hasta 56 kbit/s sobre la red telefónica comunitada.

Para evitar esto la señal de datos se somete al proceso de MODULACIÓN –transformación en una señal analógica, conteniendo la misma información, dentro de la banda de 300 a 3.400 Hz–, en el extremo origen, y al de DEMODULACIÓN –proceso inverso–, en el extremo destino.

El conjunto de ambos procesos lo realiza el mismo equipo, y como quiera que ésta es la función más importante del ETCD, éste se denomina **MÓDEM** (**M**ODulación/**D**EModulación), siendo el encargado de modificar alguno de los parámetros –amplitud, frecuencia y fase– que definen una onda sinusoidal (portadora) en función de los valores que adopte la secuencia de datos, dando origen a los tres tipos de modulación más conocidos: **amplitud**, **frecuencia** y **fase**.

Podemos caracterizar una onda, en un instante dado, por su frecuencia (hertzios), amplitud (voltios) y fase (grados); por tanto, estos parámetros son los únicos que podemos variar para que incorporen la información que debe transmitir la onda portadora (figura 2.12).

MODULACIÓN DE AMPLITUD FRECUENCIA Y FASE

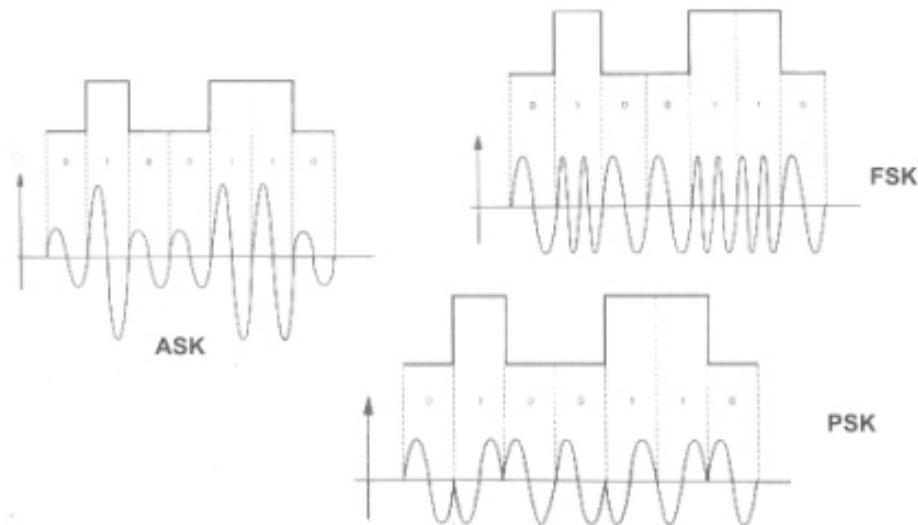


Figura 2.12. Los tres tipos de modulación utilizados con módems.

Esta portadora no es otra cosa que una onda sinusoidal caracterizada por su amplitud (A), frecuencia (f) y fase (ϕ):

$$F(t) = A \cos(2\pi ft + \phi)$$

- Modulación de Amplitud (ASK)

A cada valor de la señal de datos 0/1 se le hace corresponder diferentes valores de la amplitud de la señal portadora. Esta modulación, por sí sola, no se suele emplear en la comunicación de datos debido a que es muy sensible al ruido eléctrico y los errores resultantes originarían un rendimiento muy bajo en la transmisión de información.

• Modulación de Frecuencia (FSK)

A cada valor de la señal de datos se le hace corresponder diferentes valores de la frecuencia de la señal portadora. Este método recibe el nombre de FSK (*Frequency Shift Keying*), o modulación por desplazamiento de frecuencia, debido a que con cada cambio del valor binario varía la frecuencia de la portadora. Estas portadoras se sitúan en el margen de frecuencias de 300 a 3.400 Hz, correspondiente a un canal vocal telefónico. Esta técnica se emplea en módems de baja velocidad cuando, en transmisiones dúplex, se emplean dos frecuencias diferentes en cada dirección, es decir, un total de cuatro frecuencias.

Cuando se trata de señales analógicas, en lugar de digitales, se habla de **Amplitud Modulada** (AM): variación de la amplitud de la señal portadora siguiendo las variaciones de la señal que forma el mensaje; **Frecuencia Modulada** (FM): método de imprimir información sobre una onda de transporte en el que su frecuencia es modificada según un plan acordado por el transmisor y el receptor, y las modificaciones son continuas sobre un rango especificado. En los sistemas analógicos se emplean las técnicas FM para evitar las interferencias mejor que con la antigua AM (Modulación de Amplitud). También se emplea la **Fase Modulada** (PM), en la que el parámetro que varía es la fase de la señal portadora.

• Modulación de Fase (PSK)

A cada valor de la señal de datos se le hace corresponder diferentes valores de la fase de la señal portadora. Este método recibe el nombre de PSK (*Phase Shift Keying*), o modulación por desplazamiento de fase, debido a que con cada cambio del valor binario varía la fase de la portadora. Normalmente se compara la fase del ciclo en un periodo con la fase del ciclo en el periodo siguiente, con lo que se obtiene una modulación con desplazamiento de fase diferencial (DPSK).

Estos tipos básicos de modulación, descritos de manera muy elemental, tienen en la práctica mayor complejidad; sobre todo cuando se utilizan varios niveles o se producen modulaciones de tipo mixto, como es, por ejemplo, el caso de la modulación de amplitud en cuadratura QAM (*Quadrature Amplitude Modulating*) empleada para obtener un rendimiento de 4 bits (cuadribitio) por baudio. Esta técnica de modulación utiliza dos portadoras en cuadratura (utilizando portadoras de seno y coseno que se separan por 90 grados), cada una de ellas modulada en amplitud. Algunos operadores de cable la han elegido para situar programas comprimidos digitalmente en una ranura de 6 MHz de frecuencia (la necesaria para un canal de TV) en una red de cable.

2.7.3. Técnica de modulación PCM

Esta técnica de modulación no es propia de los módems, sino de las redes telefónicas, donde se hace uso de la técnica de multiplexación TDM, para la codificación de la voz y su transformación en señal digital, capaz de ser transmitida por los circuitos digitales.

Los canales de voz se muestran mediante técnicas de Modulación por Impulsos Codificados (MIC) o en inglés PCM (*Pulse Code Modulation*) en intervalos de tiempo. Mediante ésta, la señal analógica, procedente de la voz, se muestra con una cadencia de 8.000 veces por segundo –según la teoría de Nyquist se necesita muestrear con el doble de la frecuencia mayor del canal (4.000 Hz) para tener una reproducción fiel de la señal–; las muestras de amplitud obtenidas se cuantifican –asignación de un valor entre 1 y 128 o entre 1 y 256– lo que requiere palabras de 7 bits ($2^7 = 128$) o de 8 bits ($2^8 = 256$) respectivamente, con lo que la velocidad de transmisión necesaria será de 56 kbit/s o 64 kbit/s.

La teoría de Nyquist no sólo aplica a la voz, sino a cualquier señal analógica.

2.7.4. Tasa de error

Este concepto está ligado a la calidad que ofrece el proveedor de telecomunicaciones en un servicio que permite la transmisión de señales digitales. El proveedor facilita el