SISTEMAS ABIERTOS E INTERCONEXIÓN

CLAVE: MIS 411

TEMA 3

PROFESOR: M.C. ALEJANDRO GUTIÉRREZ DÍAZ

3. MÓDEMS ANALÓGICOS

3.1 Necesidad de modulación
3.2 Repaso de las técnicas de modulación para señales digitales
3.3 Normativa de módems
3.4 Programación mediante los comandos y registros Hayes

MÓDEMS

El tipo más familiar de DCE es un **módem.** Cualquiera que haya navegado por Internet, accedido a una computadora de la oficina desde casa o rellenado un formulario a través de un procesador de texto usando la línea telefónica, ha usado un módem. El módem interno o externo asociado con su computadora personal es lo que convierte la señal digital generada por la computadora en una señal analógica que se puede transportar por las líneas telefónicas públicas.

También, es el dispositivo que convierte las señales analógicas recibidas de la línea telefónica en señales digitales que se pueden usar en su computadora.

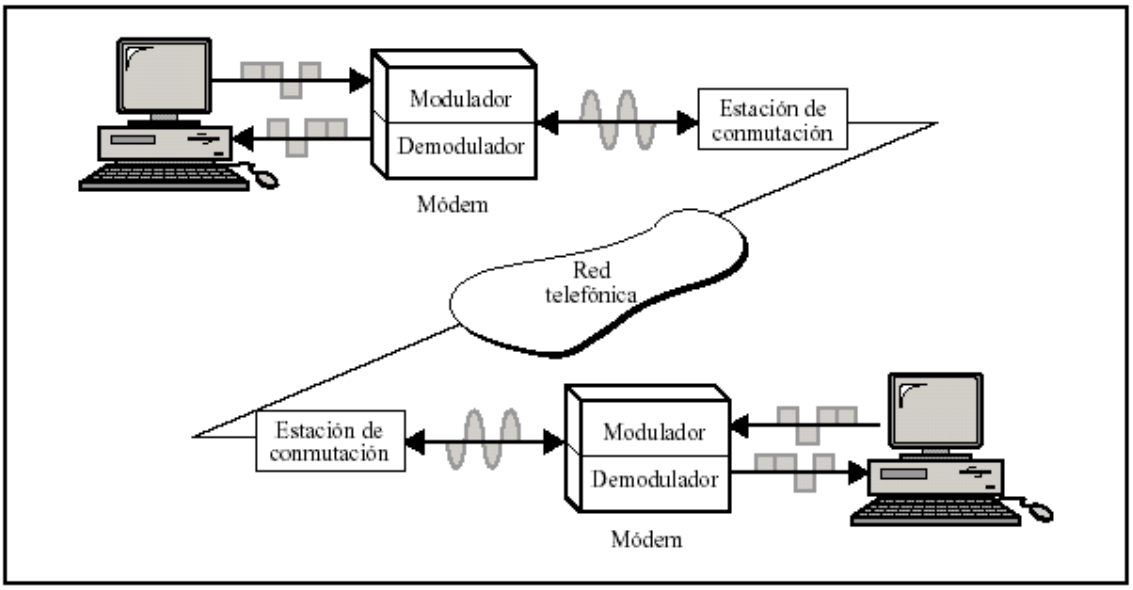

Figura 6.20. *Concepto de módem.*

El término *módem* es una palabra compuesta que indica las dos entidades funcionales que componen el dispositivo: un *modulador* de señal y un *demodulador* de señal. La relación entre las dos partes se muestra en la Figura 6.20.

Módem significa modulador/demodulador.

Un **modulador** convierte una señal digital en una señal analógica usando ASK, FSK, PSK o QAM. Un demodulador convierte una señal analógica en una señal digital. A pesar de que el demodulador recuerda un conversor analógico-a-digital, no es un conversor de ningún tipo.

No ha muestreado una señal para crear un equivalente digital; solamente revierte el proceso de **modulación,** es decir, realiza la **demodulación.**

Un modulador convierte una señal digital en una señal analógica. Un demodulador convierte una señal analógica en una señal digital.

La Figura 6.20 muestra la relación entre módems de un enlace de comunicación. Las dos PC en los extremos son los DTE; los módems son los DCE. El DTE crea una señal digital y se la entrega al módem a través de una interfaz (como la EIA-232 vista anteriormente). La señal modulada es recibida por la función de demodulación del segundo módem. El demodulador toma la señal ASK, FSK, PSK o QAM y la decodifica en un formato que sea aceptable para su computadora.

A continuación entrega la señal digital resultante a la computadora receptora a través de su interfaz. Cada DCE debe ser compatible tanto con su propio DTE como con otros DCE.

Tasa de transmisión

Probablemente habrá oído describir a los módems como de alta velocidad o de baja velocidad para indicar la cantidad de bits por segundo que un dispositivo específico es capaz de transmitir o recibir. Pero antes de hablar sobre los distintos módems comerciales y sus tasas de datos, es necesario examinar las limitaciones que sobre la tasa de transmisión impone el medio en sí mismo.

Ancho de banda

La tasa de datos de un enlace depende del tipo de codificación usado y del ancho de banda del medio. El **ancho de banda del medio** está relacionado con la limitación inherente de las propiedades físicas del medio; cada línea tiene un rango de frecuencias que puede transmitir. Si la frecuencia de una señal es demasiado baja, puede saturar la capacitancia de la línea. Si es demasiado alta, puede ser obstaculizada por la inductancia de la línea. Por tanto, se puede decir que cada línea tiene un límite superior y un límite inferior para las frecuencias de las señales que puede transportar. Este rango limitado es lo que se denomina el ancho de banda.

Cada línea tiene un límite superior y un límite inferior para las frecuencias de las señales que puede transportar. Este rango limitado es lo que se denomina ancho de banda.

Las líneas telefónicas tradicionales pueden transportar frecuencias entre 300 Hz y 3.300 Hz, lo que les da un ancho de banda de 3.000 Hz. Todo este rango se usa para transmitir voz, por lo que se puede permitir un alto grado de distorsión sin que haya pérdida de inteligibilidad.

Sin embargo, como se ha visto, las señales de datos requieren un grado más alto de exactitud para asegurar la integridad. Por tanto, en aras de la seguridad, los bordes del rango no se usan para comunicación de datos. En general, se puede decir que el ancho de banda de la señal debe ser más pequeño que el ancho de banda del cable.

El ancho de banda efectivo de una línea telefónica usada para transmisión de datos es 2.400 Hz, que cubre el rango desde los 600 Hz a los 3.000 Hz. Observe que algunas líneas telefónicas actuales son capaces de manejar un ancho de banda mayor que las líneas tradicionales. Sin embargo, el diseño de los módems

se basa todavía en su capacidad tradicional (véase la Figura 6.21).

Una línea telefónica tiene un ancho de banda de casi 3.000 Hz.

Velocidad del módem

Como se ha visto, cada equipo de conversión analógica manipula la señal de forma distinta: ASK manipula la amplitud, FSK manipula la frecuencia, PSK manipula la fase y QAM manipula tanto la fase como la amplitud.

ASK. El ancho de banda necesario para las transmisiones con ASK es igual a la tasa de baudios de la señal. Asumiendo que todos los enlaces se usan para una única señal, como sería para las transmisiones simples o semidúplex, la máxima tasa de baudios para la modulación ASK es igual al ancho de banda total del medio de transmisión.

Debido a que el ancho de banda efectivo de una línea telefónica es 2.400 Hz, la máxima tasa de baudios es también 2.400. Y debido a que la baudios y la tasa de bits son las mismas en la modulación ASK, la tasa de bits máxima es también 2.400 (véase la Figura 6.22).

En las transmisiones dúplex, sólo se puede usar la mitad del ancho de banda total en cada dirección. Por tanto, la máxima velocidad para la transmisión ASK en modo dúplex es 1.200 bps.

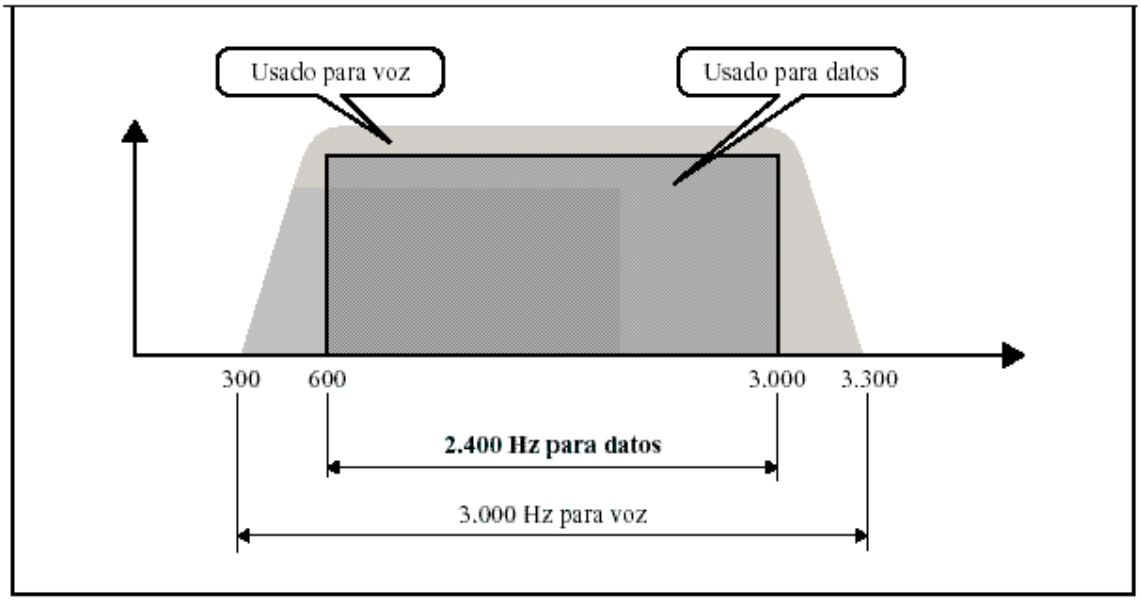

Figura 6.21. *Ancho de banda de la línea telefónica.*

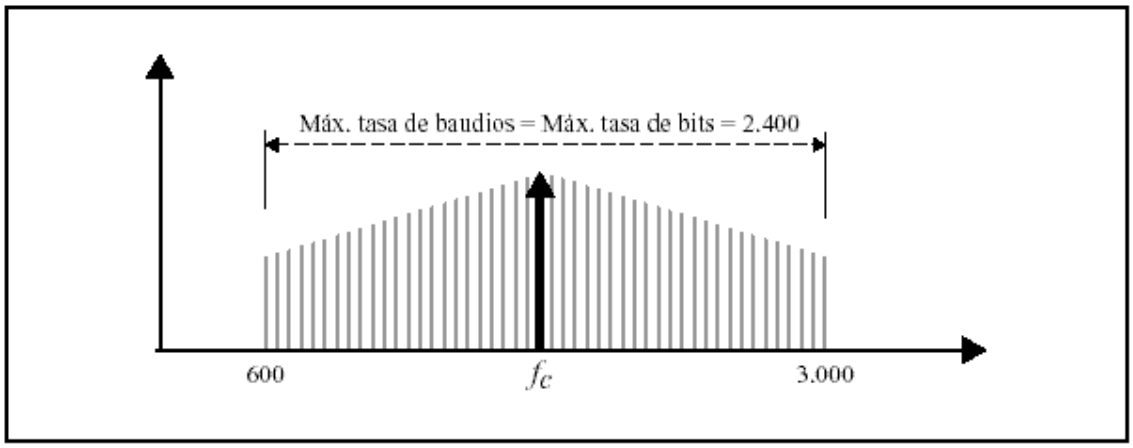

Figura 6.22. *Tasa de baudios en ASK semidúplex.*

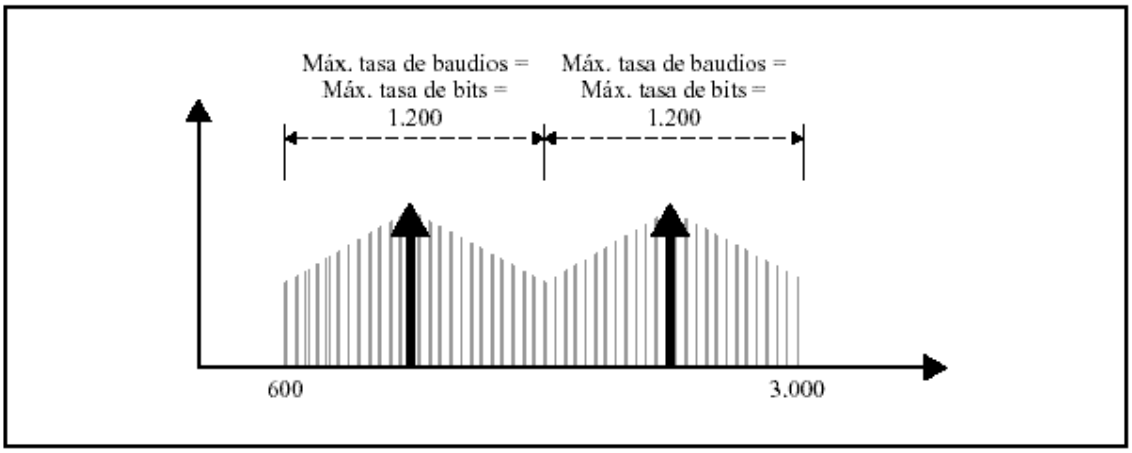

Figura 6.23. *Tasa de baudios en ASK dúplex.*

La Figura 6.23 muestra esta relación. El ancho de banda total disponible es 2.400 Hz; cada dirección tiene por tanto disponibles 1.200 Hz centrados alrededor de su propia frecuencia portadora. (Nota: algunas especificaciones de módem indican semidúplex mediante la abreviatura

HDX y dúplex mediante la abreviatura *FDX.*)

Aunque la tasa de bits de ASK es igual que la de los tipos más populares de modulación, sus problemas de ruido la hacen impracticable para su uso en los módems.

Aunque ASK tiene una buena tasa de bits, no se usa actualmente debido al ruido.

FSK. El ancho de banda necesario para una transmisión FSK es igual a la tasa de baudios de la señal más el desplazamiento de frecuencia. Asumiendo que se usa todo el enlace para una única señal, como ocurriría en la transmisión simplex o semidúplex, la tasa de baudios máxima para la modulación FSK es igual al ancho de banda total del medio de transmisión menos el desplazamiento de frecuencia. Debido a que el ancho de banda efectivo de una línea telefónica es 2.400 Hz, la tasa de baudios máxima es, por tanto, 2.400 menos el desplazamiento de la frecuencia. Y debido a que la tasa de baudios y la tasa de bits son la misma en la modulación FSK, la tasa de bits máxima es también 2.400 menos el desplazamiento de frecuencia (véase la Figura 6.24).

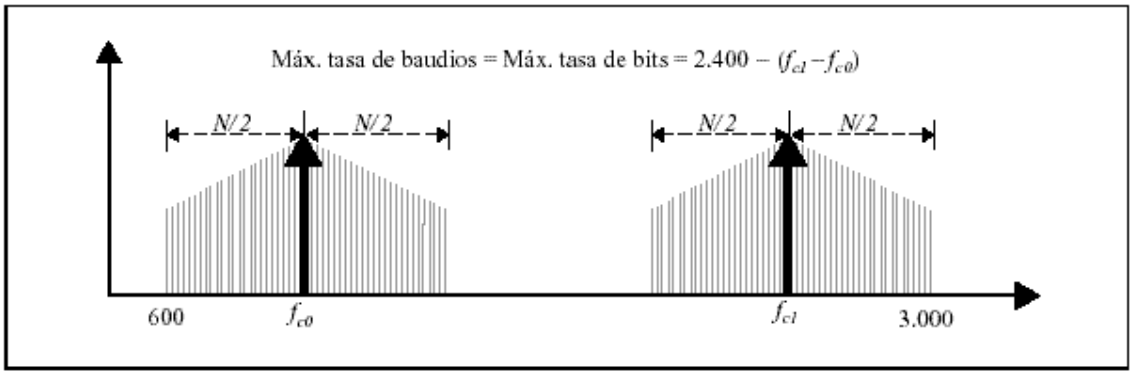

Figura 6.24. *Tasa de baudios en FSK semidúplex.*

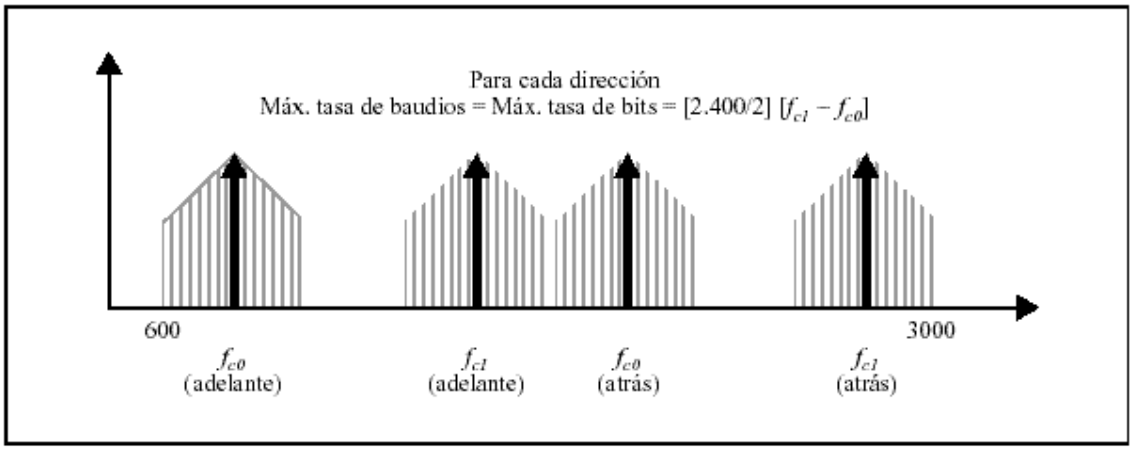

Figura 6.25. *Tasa de baudios en FSK dúplex.*

En la transmisión dúplex, solamente se usa la mitad del ancho de banda total del enlace para cada dirección. Por tanto, la máxima tasa teórica para FSK en modo dúplex es la mitad del ancho de banda total menos la mitad del desplazamiento de frecuencia. Las particiones FSK en modo dúplex se muestran en la Figura 6.25.

PSK y QAM. El ancho de banda mínimo necesario para la transmisión con PSK o QAM es el mismo que el necesario para la transmisión con ASK, pero la tasa de bits puede ser mayor dependiendo del número de bits que se pueden representar con cada unidad de señal.

Comparación. La Tabla 6.4 resume la tasa de bits máxima sobre líneas telefónicas estándares de par trenzado para cada uno de los mecanismos de modulación examinados anteriormente.

Estas figuras asumen una línea tradicional bifilar. Si se usan líneas de cuatro cables, la tasa de datos para la transmisión dúplex puede ser el doble. En este caso, dos cables se usan para enviar y dos cables para recibir los datos, consiguiendo por tanto doblar el ancho de banda disponible. Sin embargo, estos números son teóricos y no siempre pueden ser logrados con la tecnología disponible.

Tabla 6.4. *Tasa de bits teóricas para los módems*

Modulación	*Semidúplex*	*Dúplex*
ASK	2.400	1.200
FSK	<2.400	<1.200
2-PSK	2.400	1.200
4-PSK, 4-QAM	4.800	2.400
8-PSK, 8-QAM	7.200	3.600
16-QAM	9.600	4.800
32-QAM	12.000	6.000
64-QAM	14.400	7.200
128-QAM	16.800	8.400
256-QAM	19.200	9.600

Estándares para módems

En esta sección se van a presentar dos estándares para módems: **módem Bell** y módem ITU-T.

Módems Bell

Los primeros módems comerciales fueron fabricados por la Compañía Telefónica Bell a principios de 1970. Como primer y, durante largo tiempo, único fabricante en el mercado, Bell definió el desarrollo de la tecnología y proporcionó un estándar de facto del cual partieron subsecuentes fabricantes.

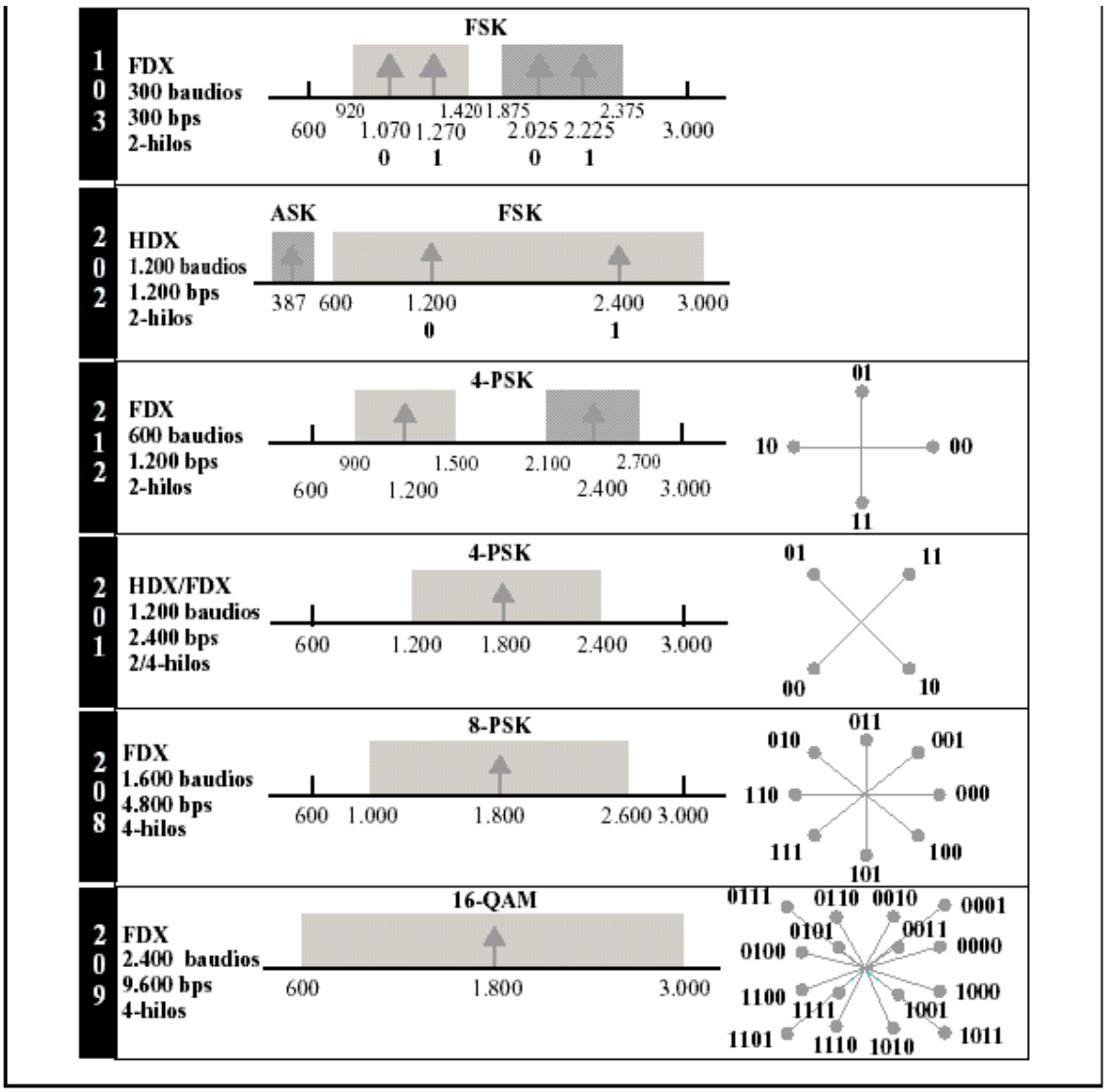

Figura 6.26. *Módem Bell.*

Actualmente hay docenas de compañías que producen cientos de tipos de módems distintos en todo el mundo.

Con todo lo complejos y potentes que muchos modelos se han vuelto, todos ellos han evolucionado del original y relativamente sencillo primer modelo de Bell. Examinar estos primeros módems nos permite comprender las características básicas de los módems. La Figura 6.26 muestra las especificaciones de los principales módems Bell.

Serie 103/113. Una de las primeras series de módems comercialmente disponibles fue la del Bell 103/113. La serie de módems Bell 103/113 opera en modo dúplex sobre una línea telefónica bifilar conmutada. La transmisión es asíncrona, usando modulación FSK. Las frecuencias del iniciador de sesión son 1.070 Hz = 0 y 1.270 Hz = 1. Las frecuencias del que responde son 2.025 Hz = 0 y 2.225 Hz = 1. La tasa de datos es 300 bps. La serie 113 es una variación de la serie 103 con características de comprobación adicionales.

Serie 202. La serie de módems Bell 202 opera en modo semidúplex sobre líneas telefónicas conmutadas bifilares. La transmisión es asíncrona, usando modulación FSK. Debido a que la serie 202 es semidúplex, solamente se usa un par de frecuencias de transmisión: 1.200 Hz = 0 y 2.400 Hz = 1.

Observe que la serie 202 incluye una frecuencia de transmisión secundaria que opera en cada dirección a 387 Hz, usando una modulación ASK, con una tasa de datos de solamente 5 bps. Este canal es usado por el dispositivo receptor para decir al emisor que está conectado y para enviar mensajes de interrupción que indiquen que hay que parar la transmisión (control de flujo) o que solicitan el reenvío de datos (control de errores).

Serie 212. La serie de módems Bell 212 tiene dos velocidades. La opción de tener una segunda velocidad permite la compatibilidad con un número más grande de sistemas. Ambas velocidades operan en modo dúplex sobre líneas telefónicas conmutadas.

La velocidad más lenta, 300 bps, usa modulación FSK con transmisión asíncrona, igual que la serie 103/113. A la velocidad más alta, 1.200 bps, puede operar tanto en modo síncrono como asíncrono y usa modulación 4-PSK. Mientras que los 1.200 bps son la misma tasa de datos ya conseguida por la serie 202, la serie 212 consigue esa misma tasa en el dúplex además de en modo semidúplex.

Cambiando de la modulación FSK a PSK los diseñadores incrementaron drásticamente la eficiencia de la transmisión.

En la serie 202, se usan dos frecuencias para enviar bits distintos en una dirección. En la serie 212, las frecuencias representan dos direcciones de transmisión distintas. La modulación se hace cambiando la fase de cada frecuencia, con cada una de los cuatro desplazamientos de fase representando dos bits.

Serie 201. Los módems de la serie 201 operan tanto en modo semidúplex sobre líneas conmutadas bifilares como en modo dúplex sobre líneas de cuatro cables. Todo el ancho de banda de la línea de dos hilos se dedica a una única dirección de transmisión. Las líneas de cuatro hilos permiten el uso de dos canales completamente separados, uno en cada dirección, y su procesamiento a través de un único módem en cada extremo.

La transmisión es síncrona, usando modulación 4-PSK, lo que significa que solamente se necesita una frecuencia para transmitir sobre cada par de cables. Dividir las dos direcciones de transmisión en dos líneas físicamente separadas permite a cada dirección usar el ancho de banda completo de la línea.

Esto significa que usando esencialmente la misma tecnología se dobla la tasa de datos a 2.400 bps (o 1.200 baudios) tanto en modo semidúplex como en modo dúplex (2.400 bps sigue siendo la mitad de la máxima tasa de datos teórica para la modulación 4-PSK sobre líneas telefónicas bifilares).

Serie 208. Los módems de la serie 208 operan en modo dúplex sobre líneas dedicadas de cuatro hilos. La transmisión es síncrona y se usa la modulación 8-PSK. Al igual que la serie 201, los módems de la serie 208 consiguen el estatus dúplex doblando el número de hilos usados y

dedicando el equivalente de una línea completa a cada dirección de transmisión.

La diferencia que hay aquí es que la tecnología de modulación/demodulación es capaz de distinguir entre ocho desplazamientos de fase distintos. Este módem tiene una tasa de baudios de 1.600. Puesto que maneja 3 bits por baudio (8-PSK crea tribits), esa tasa se traduce en una tasa de bits de 4.800 bps.

Serie 209. Los módems de la serie 209 operan en modo dúplex sobre una línea dedicada de cuatro cables. La transmisión es síncrona usando una modulación 16-QAM. Estos módems consiguen un estatus dúplex doblando el número de hilos, de forma que cada dirección de transmisión tiene un canal concreto para sí misma. Sin embargo, esta serie permite usar el ancho de banda total de cada canal. Y debido a que cada desplazamiento representa un quadbit, como cuando se usa 16-QAM, la tasa de datos es 9.600 bps.

Estándares de la ITU-T para módems

Actualmente, muchos de los módems más populares se basan en los estándares publicados por la ITU-T. Para su estudio, estos módems se pueden dividir en dos grupos: los que son esencialmente equivalentes a las series de módems Bell –por ejemplo, **V.21** es similar al módem Bell 103– y aquellos que no lo son. Los módems de la ITU-T que son compatibles con las series Bell se muestran en la Tabla 6.5 junto a sus equivalentes Bell.

Tabla 6.5. *Compatibilidad ITU-T/Bell*

ITU-T	*Bell*	*Tasa de Baudios*	*Tasa de Bits*	*Modulación*
V.21	103	300	300	FSK
V.22	212	600	1.200	4-PSK
V.23	202	1.200	1.200	FSK
V.26	201	1.200	2.400	4-PSK
V.27	208	1.600	4.800	8-PSK
V.29	209	2.400	9.600	16-QAM

Los módems ITU-T que no son equivalentes a los de las series Bell se describen a continuación. Sus características se muestran en la Figura 6.27.

V.22bis. El término *bis* indica que este módem es la segunda generación de la serie **V.22** (*bis* es en latín dos veces). El **V.22bis** es un módem de dos velocidades, lo que significa que puede operar tanto a 1.200 como a 2.400 bps. La velocidad a usar depende de la velocidad del DCE al otro extremo del intercambio de datos. Cuando un V.22bis recibe datos de un módem a 2.400 bps, opera en modo 2.400 bps para ser compatible con el otro extremo.

En el modo 1.200 bps, el V.22bis usa modulación 4-DPSK (dibit) con una tasa de transmisión de 600 baudios. **DPSK** significa **codificación por desplazamiento diferencial en fase,** lo que significa que el patrón de bits define los cambios de fase, no la fase actual. Las reglas para representar cada uno de los cuatro patrones de bits son los siguientes:

00 Þ cambio de fase de 90 grados

01 Þ cambio de fase de 0 grados

10 Þ cambio de fase de 180 grados

11 Þ cambio de fase de 270 grados

En el modo 2.400 bps, el V.22bis usa 16-QAM (quadbit) Los dos dígitos menos significativos de cada quadbit se modulan usando el mismo esquema diferencial descrito para la transmisión de 1.200 bps. Los dos bits más significativos se modulan basándose en un diagrama de constelación como el que se muestra en la Figura 6.28.

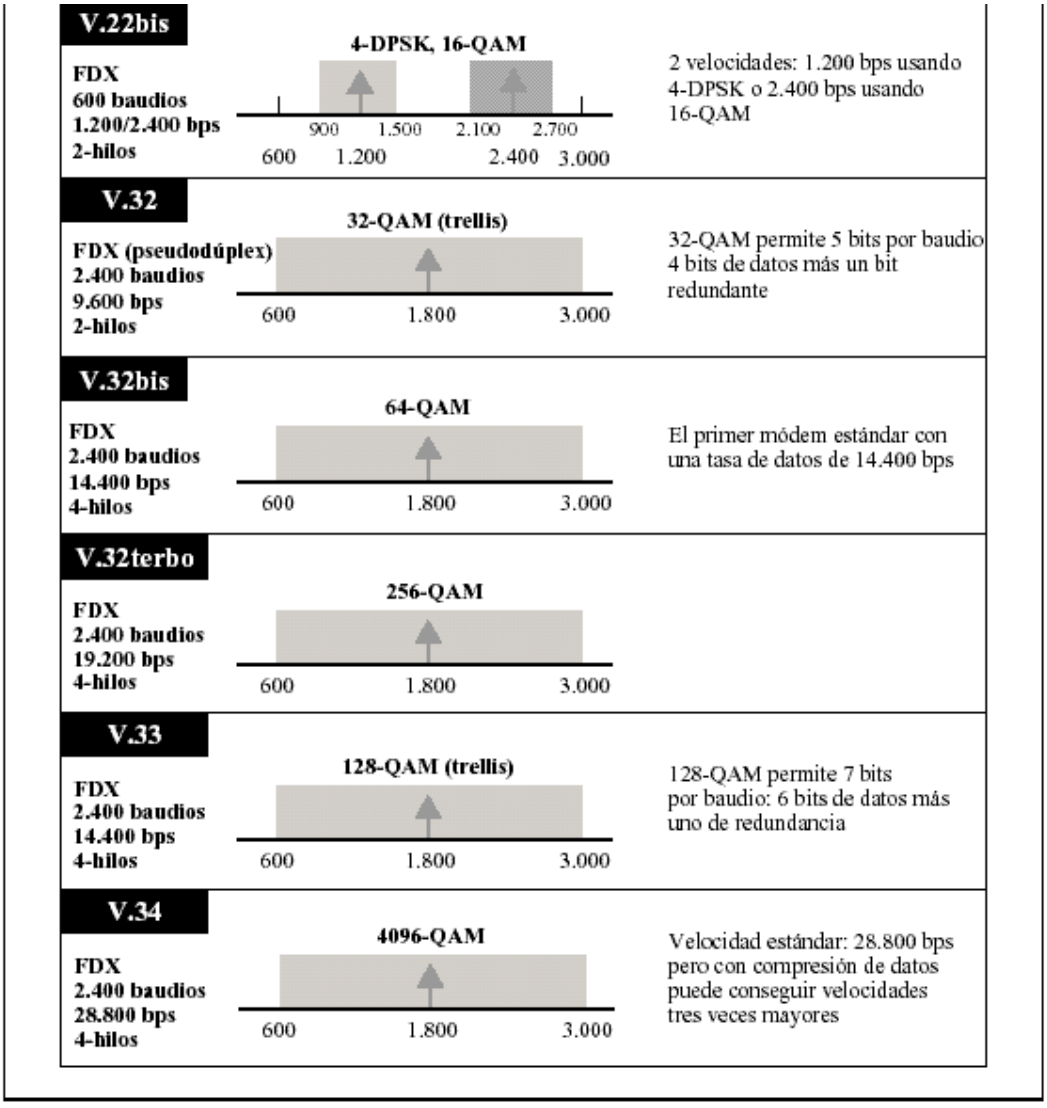

Figura 6.27. *Estándares de la ITU-T para módems.*

V.32. El **V.32** es una versión mejorada del V.29 (véase la Tabla 6.5) que usa una modulación combinada y una técnica de codificación denominada **modulación codificada trellis.**

Trellis es esencialmente QAM más un bit de redundancia. El flujo de datos se divide en secciones de cuatro bits. Sin embargo, en lugar de enviar un quadbit, se envía un quintbit (un patrón de cinco bits). El valor del bit extra se calcula a partir de los valores de los cuatro bits de datos anteriores.

En cualquier sistema QAM, el receptor compara cada punto de la señal recibida con todos los puntos válidos de la constelación y selecciona el punto más cercano como valor de bit recibido.

Una señal distorsionada por el ruido de la transmisión puede estar más cerca de un punto adyacente que del punto enviado en realidad, dando como resultado una identificación errónea del punto y un error en los datos recibidos. Cuanto más cerca estén los puntos en la constelación, más probable es que el ruido de la transmisión pueda dar como resultado errores en la identificación de la señal.

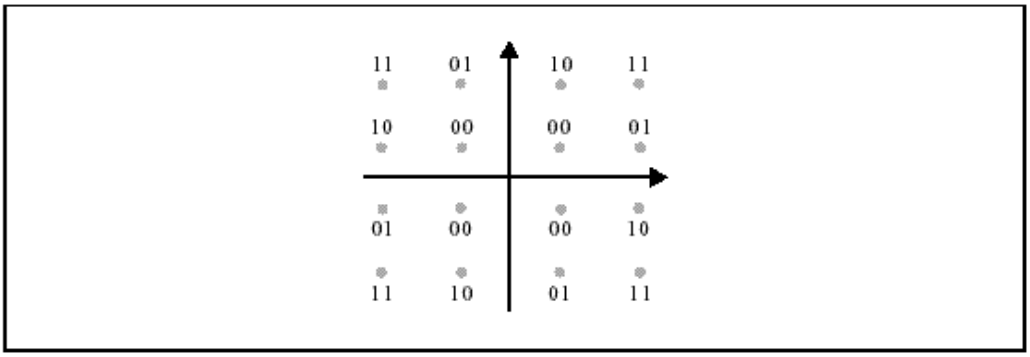

Figura 6.28. *Constelación 16-QAM del V.22bis.*

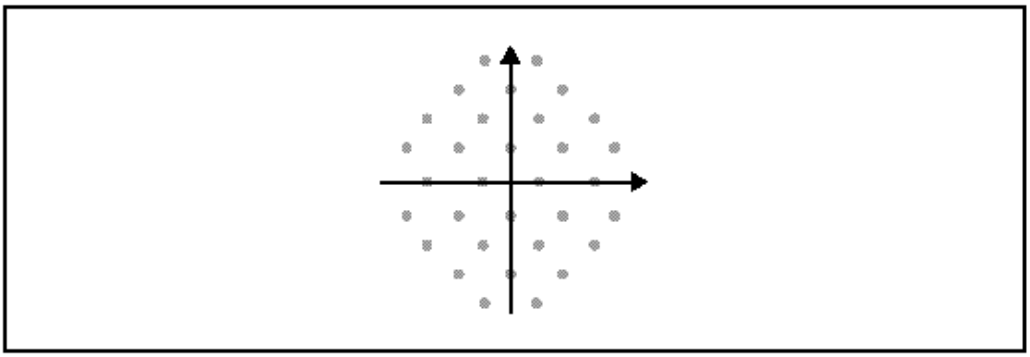

Figura 6.29. *Constelación del V.32.*

Añadiendo un bit redundante a cada quadbit, la modulación codificada trellis incrementa la cantidad de información usada para identificar cada patrón de bits y por tanto, reduce el número de equivalencias posibles. Debido a ello, es mucho menos probable que una señal codificada trellis distorsionada por el ruido sea comparada con una señal normal QAM. Algunos fabricantes de módems que se ajustan a la norma V.32 usan la facilidad trellis para proporcionar funciones tales como detección de errores o corrección de errores.

V.32 usa 32-QAM con una velocidad de 2.400 baudios. Debido a que solamente 4 bits de cada quintbit representan datos, la velocidad resultante es 4 ´ 2.400 = 9.600 bps. Su diagrama de constelación se muestra en la Figura 6.29.

Los módems V.32 se pueden usar con una línea conmutada bifilar en lo que se denomina modo pseudodúplex. El modo pseudodúplex se basa en una técnica denominada cancelación de eco.

V.32bis. El módem **V.32bis** fue el primero de los estándares ITU-T que proporcionó transmisión a 14.400 bps. El V.32bis usa transmisión 64-QAM (6 bits por baudio) con una tasa de 2.400 baudios (2.400 ´ 6 = 14.400 bps).

Una mejora adicional proporcionada por el V.32bis es la inclusión de una característica de retroceso y avance automático que permite al módem ajustar su velocidad hacia delante y hacia atrás dependiendo de la calidad de la línea de la señal.

V.32terbo. El V.32terbo es una versión mejorada del V.32bis (*terbo* es una modificación de la palabra *ter,* que en latín significa tercero). Usa 256-QAM para conseguir una tasa de bits de 19.200 bps.

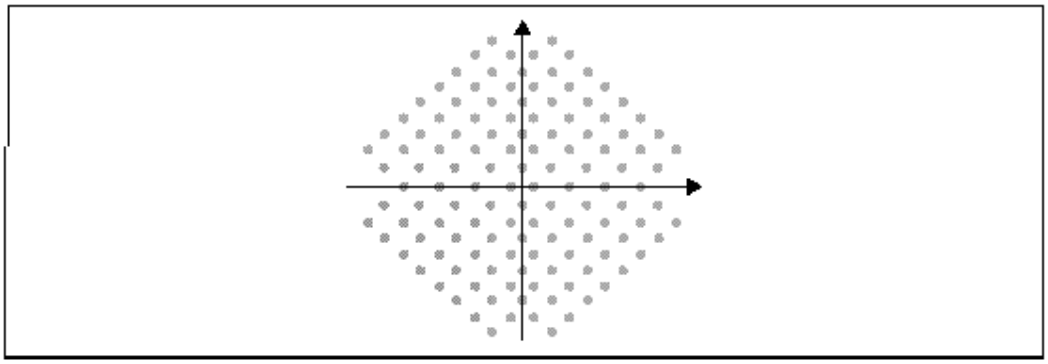

Figura 6.30. *Constelación del V.33.*

V.33. El V.33 se basa también en el V.32. Sin embargo, este módem usa modulación codificada trellis con 128-QAM a 2.400 baudios. Cada cambio de señal representa un patrón de siete bits: seis bits de datos y un bit redundante. Los seis bits de datos por cambio (baudio) dan una

velocidad de 6 ´ 2.400 = 14.400 bps. El diagrama de constelación de este esquema se muestra en la Figura 6.30.

V.34. El módem **V.34**, algunas veces denominado V.fast, proporciona una tasa de bits de 28.800 o 33.600 bps. Además, el V.34 proporciona compresión de datos, lo que permite tasas de datos dos o tres veces más altas que las de su velocidad normal.

V.42. El estándar **V.42** adoptado por la ITU-T usa un protocolo denominado **procedimiento de acceso a enlace para módems (LAPM,** *Link Access Procedure for Modems*).

LAPM es una versión del protocolo de enlace de datos denominado HDLC, El estándar usa un segundo protocolo denominado procedimiento de corrección de error para los DCE, protocolo que permite al módem corregir errores.

V.42bis. Después del V.42, la ITU-T adoptó el **V.42bis.** Este estándar incluye todas las características del V.42, pero añade también el método de compresión de Lempel-Ziv-Welch (que se trata en el Apéndice G). Los módems que usan este estándar pueden conseguir una razón de compresión de 3:1 a 4:1. Observe que la tasa de datos del módem no se incrementa; la compresión permite al usuario enviar más bits en un periodo de tiempo predefinido.

Módems inteligentes

El objetivo de un módem es modular y desmodular una señal. Sin embargo, muchos de los módems actuales hacen más. En particular, hay una clase de módems, denominados **módems inteligentes,** que contienen *software* para proporcionar un cierto número de funciones adicionales, tales como respuesta automática y marcado.

Los módems inteligentes fueron creados por Microcomputer Products, Inc. Recientemente, han aparecido otros fabricantes que ofrecen productos denominados **módems compatibles con Hayes.**

Las instrucciones del Hayes y de los módems compatibles con Hayes se denominan órdenes AT (AT es una abreviatura de atención). El formato de la orden AT es:

AT orden [parámetro] orden [parámetro]…

Cada orden comienza con las letras AT seguidas por una o más órdenes, cada una de las cuales puede tener uno o más parámetros. Por ejemplo, para hacer que el módem marque el número (408) 864-8902, la orden es **TD4088648902.**

En la Tabla 6.6 se muestran unas pocas órdenes de ejemplo. Esta lista representa únicamente un subconjunto pequeño de las órdenes disponibles.

Tabla 6.6. *Órdenes AT*

Orden	*Significado*	*Parámetros*
A	Poner el módem en modo respuesta	
B	Usar V.22bis a 1200 bps	
D	Marcar el número	El número a marcar
E	Activar/desactivar la impresión de eco	0 o 1
H	Activar el enganche del on/off del módem	0 o 1
L	Ajustar el volumen del altavoz	*n*
P	Usar marcación por pulsos	
T	Usar marcación por tonos	

MODEMS DE 56K

Los módems tradicionales tienen limitaciones en la tasa de datos (con un máximo de 33,6 Kbps), como se puede determinar usando la fórmula de Shannon Sin embargo, existen actualmente en el mercado módems nuevos, que se denominan **módems de 56K**, que tienen una tasa de bits de 56.000 bps.

Estos módems se pueden usar solamente si uno de los componentes de la comunicación está usando señalización digital (como hace, por ejemplo, un proveedor de Internet). Son asimétricos en cuanto que la carga de datos (flujo de datos del proveedor de Internet a la PC) tienen una tasa máxima de 56 Kbps, mientras la descarga (flujo de datos de la PC al proveedor de Internet) tiene una tasa máxima de 33,6 Kbps.

¿Violan estos módems el principio de capacidad de Shannon? No, lo que ocurre es que el enfoque es distinto. Vamos a comparar ambos enfoques.

Módems tradicionales

Veamos qué ocurre cuando se usan módems tradicionales para enviar datos de una computadora en un lugar A otra computadora situada en B y viceversa. Véase la Figura 6.31.

Del lugar A al lugar B

La transmisión de datos del lugar A al lugar B sigue los pasos siguientes:

1. Los datos digitales son modulados por el módem en A.

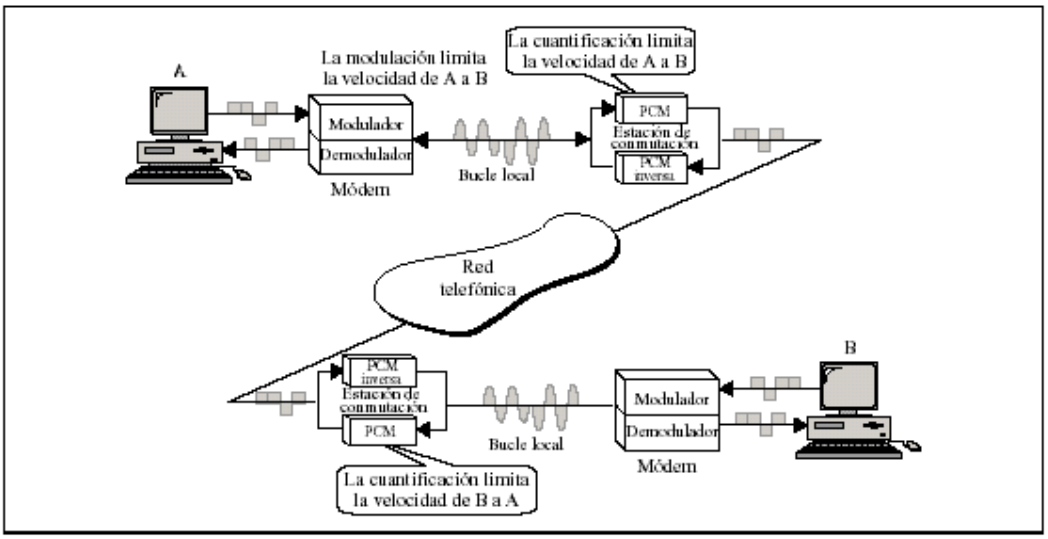

Figura 6.31. *Módems tradicionales.*

2. Los datos analógicos son enviados por el módem a la estación de conmutación de A usando

el bucle local.

3. En la estación de conmutación, los datos analógicos se convierten en datos digitales usando

PCM.

4. Los datos digitales viajan a través de la red digital de la compañía telefónica y llegan a la estación de conmutación de B.

5. Los datos digitales se convierten en analógicos, en la estación de conmutación de B, usando PCM inversa.

6. Los datos analógicos se envían de la estación de conmutación de B al módem que usa el bucle local.

7. Los datos analógicos son desmodulados por el módem en B.

El factor que limita este proceso está en el paso 3. En este paso se cuantifica la señal analógica para crear la señal digital. El ruido de cuantificación resultante de este proceso limita la tasa de datos a 33,6 Kpbs.

Del lugar B al lugar A

La transmisión de datos de B a A sigue los mismos pasos. De nuevo, el factor limitante es el paso de cuantificación usando PCM.

Resultado

La tasa máxima de datos en cada dirección está limitada a 33,6 Kbps.

Módems de 56K

Si uno de los extremos es un proveedor de Internet y la señal no pasa a través de un convertidor PCM, se elimina la cuantificación en una dirección y la tasa de datos se puede incrementar a 56 Kbps (véase la Figura 6.32).

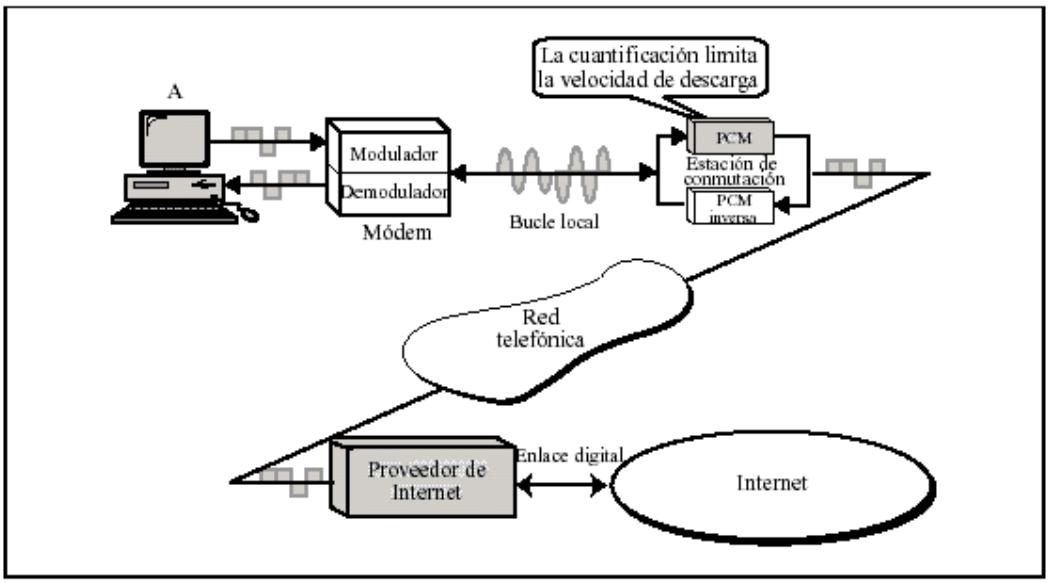

Figura 6.32. *Módems 56K.*

Carga de datos

La transmisión de datos del abonado (A) al proveedor de Internet (B) (**carga de datos**) sigue estos pasos:

1. Los datos digitales son modulados por el módem de A.

2. Los datos analógicos son enviados desde el módem a la estación de conmutación de A por el bucle local.

3. En la estación de conmutación, se convierten los datos a digitales usando PCM.

4. Los datos digitales viajan a través de la red digital de la compañía telefónica y son recibidos en la computadora del proveedor de Internet.

En este caso, el factor limitante es de nuevo el paso 3. Esto significa que no existe ninguna mejora en este sentido de la comunicación. Sin embargo, el usuario no necesita una tasa de datos tan alta, puesto que en esta dirección solamente viajan pequeños bloques de datos (como correo electrónico y ficheros pequeños).

Descarga de datos

La transmisión de datos del proveedor de Internet (B) al módem en el sitio A (**descarga de datos**) tiene los pasos siguientes:

1. Los datos digitales son enviados por la computadora del proveedor de Internet a través de la red telefónica digital.

2. Los datos digitales se convierten en analógicos en la estación de conmutación, usando PCM inversa.

3. Los datos analógicos se envían desde la estación de conmutación de A al módem del bucle local.

4. Los datos analógicos son desmodulados por el módem en A.

Observe que en esta dirección no hay cuantificación de datos usando PCM. Aquí no existe la limitación existente en la carga; los datos se pueden enviar a 56 Kbps. Esto es lo que el usuario está buscando, puesto que habitualmente lo que suele existir es descarga de archivos grandes desde Internet.

Resultado

La máxima tasa de datos de salida sigue siendo 33,6 Kbps, pero la tasa de datos en la dirección de entrada es de 56 Kbps.

¿Por qué solo 56 Kbps?

Ya que estos módems no están limitados en la carga de datos por la fórmula de capacidad de Shannon, ¿por qué 56 Kbps? ¿Por qué no más? La respuesta yace en la forma en que las compañías telefónicas digitalizan la voz. Las estaciones de conmutación usan PCM y PCM inversa, realizando 8.000 muestras por segundo con 128 niveles distintos (7 bits por muestra). Esto da como resultado una tasa de datos de 56 Kbps (8.000 ´ 7 = 56.000) en la estación de conmutación.

MÓDEM DE CABLE

La limitación de la tasa de datos de los módems tradicionales se debe principalmente al reducido ancho de banda de la línea telefónica del bucle local (hasta 4 KHz). Si hubiera disponible un ancho de banda mayor, se podrían diseñar módems capaces de manejar tasas de datos mucho más altas.

Afortunadamente, la televisión por cable utiliza cables coaxiales en las residencias familiares, cables que tienen un ancho de banda de hasta 750 MHz, y algunas veces más. Este ancho de banda se divide normalmente en bandas de 6 MHz usando multiplexación por división de frecuencia. Cada banda proporciona un canal de televisión. Se pueden

dedicar dos bandas para permitir al usuario cargar y descargar información de Internet.

La Figura 6.33 muestra el concepto de **módem de cable.** En lugar de usar la caja de cables tradicional, se utiliza un separador. Este separador envía las bandas de televisión a la televisión y las bandas de acceso a Internet al PC.

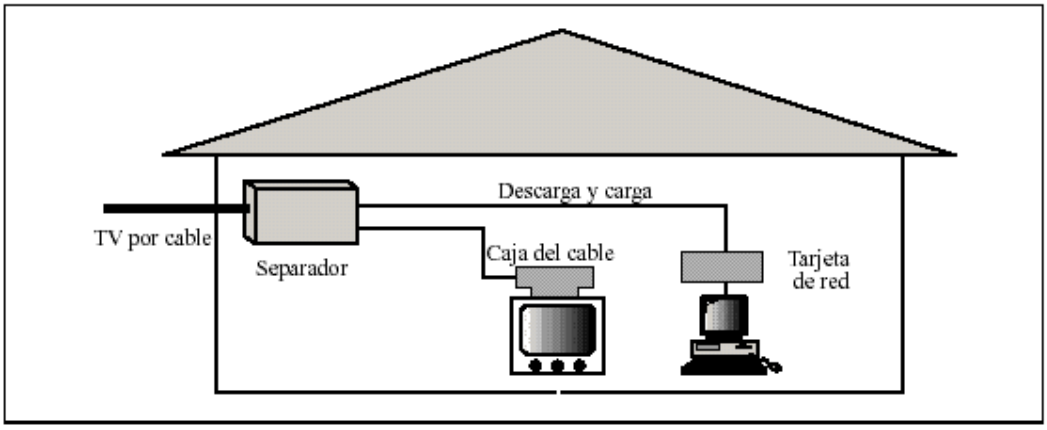

Figura 6.33. *Módem de cable.*

Descarga de datos

La descarga de datos requiere habitualmente un ancho de banda de 6 MHz en el rango por encima de los 40 MHz. La técnica de demodulación usada es 64-QAM (6 bits cada vez). Esto significa que el usuario puede recibir información con una frecuencia de 6 MHz ´ 6 = 36 Mbps

Sin embargo, las PCs no son todavía capaces de recibir datos a esta velocidad. Actualmente la tasa está entre los 3 y los 10 Mbps.

Carga de datos

La carga de datos necesita un ancho de banda de 6MHz situado en un rango por debajo de los 40 MHz. A esta frecuencia tan baja, los electrodomésticos pueden crear un entorno ruidoso que afecta a la modulación. La técnica de modulación que se usa normalmente es QPSK (4 bits cada vez). Esto significa que un usuario puede enviar información

con una velocidad de 6 MHz ´ 2 = 12 Mbps En la actualidad, la tasa de salida está entre los 500 Kbps y 1 Mbps.

RESUMEN

n La transmisión digital se puede efectuar en modo serie o paralelo.

n En la transmisión paralela, se envía un grupo de bits simultáneamente, con una línea específica para cada bit.

n En la transmisión serie hay una única línea y todos los bits se envían secuencialmente.

n La transmisión serie puede ser síncrona o asíncrona.

n En la transmisión serie asíncrona, cada byte (grupo de 8 bits) se enmarca con un bit de inicio y un bit de parada. Puede haber un intervalo de longitud variable entre cada byte.

n En la transmisión serie síncrona, los bits se envían en un flujo continuo sin bits de inicio y de parada y sin intervalos entre los bytes. Reagrupar los bits en bytes significativos es responsabilidad del receptor.

n Un DTE (equipo terminal de datos) es un origen o destino para datos digitales binarios.

n Un DCE (equipo terminal del circuito de datos) recibe datos de un DTE y los cambia a una forma apropiada para la transmisión por la red. También puede efectuar la transformación inversa.

n Una interfaz DTE-DCE queda definida por sus características mecánicas, eléctricas y funcionales.

n El estándar EIA-232 define una interfaz DTE-DCE ampliamente empleada que usa un conector de 25 patillas (DB-25), cada uno de las cuales tiene una función específica. Las funciones se pueden clasificar como tierra, datos, control, temporización, reservadas y sin asignar.

n El estándar EIA-449 proporciona una tasa de datos y una capacidad de distancia mayor que el estándar EIA-232.

n El estándar EIA-449 define un conector de 37 patillas (DB-37) usado por el canal primario; el canal secundario tiene su propio conector de 9 patillas.

n Los patillas del DB-37 se dividen en Categoría I (patillas compatibles con EIA-232) y Categoría II (patillas nuevas no compatibles con EIA-232).

n Las especificaciones eléctricas del EIA-449 se definieron en los estándares RS-423 y RS-422.

n El RS-422 es un circuito balanceado con dos líneas para propagación de señal. La degradación de la señal por ruido es menos problemática en el RS-422 que en el RS-423.

n El X.21 elimina muchas de las patillas de control de las interfaces enviando la información de control sobre las patillas de datos.

n Un módem nulo conecta dos DTE cercanos y compatibles que no necesitan redes o modulación.

n Un módem es un DCE que modula y desmodula señales.

n Un módem transforma señales digitales en analógicas usando modulación ASK, FSK, PSK o QAM.

n Las propiedades físicas de la línea de transmisión limitan las frecuencias de las señales que se pueden transmitir.

n Una línea telefónica regular usa frecuencias entre los 600 Hz y los 3000 Hz para la transmisión de datos. Requiere un ancho de banda de 2400 Hz.