



DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

CURSO 2011-2012

Ingeniería Informática

Telemática y Sistemas de Transmisión de Datos

Tema 6

Estándares del nivel físico

Prof. Juan Manuel Orduña Huertas

Índice general

1. Interfaces serie de la capa física	1
1.1. Protocolos del nivel físico	1
1.2. Sincronización de las señales	2
1.2.1. Transmisión asíncrona	4
1.2.2. Transmisión síncrona	5
1.3. Norma RS-232	6
1.3.1. Características funcionales	7
1.3.2. Características procedurales	12
1.3.3. Uso estándar de la RS-232: Control de módem.	15
1.3.4. Usos no estándar de la RS-232	16

Conexión null-modem	17
Control de flujo.	18
1.4. Norma V.35	20
2. Capa física de las redes de área local (LAN)	23
2.1. Capa física de la norma IEEE 802.3 (ETHERNET)	23
2.2. Capa física de la norma IEEE 802.3u (Fast Ethernet)	26
2.3. Capa física de la norma IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)	28
2.4. Capa física de la norma IEEE 802.11 (Wireless LAN)	30
2.5. Capa física de la norma IEEE 802.15 (Bluetooth)	36
3. Ejercicios	40
Bibliografía	42

1 INTERFACES SERIE DE LA CAPA FÍSICA

Una vez estudiadas las técnicas de modulación y los medios físicos necesarios para la transmisión de los datos, en este tema vamos a estudiar los protocolos y normas que definen cómo debe ser la capa física de la red de de computadores, ya sea esta una red basada en el sistema telefónico o una red de área local.

1.1. Protocolos del nivel físico

Los computadores transmiten información al exterior de tipo serie, si bien los computadores suelen funcionar internamente con buses paralelos. Desde los primeros sistemas teleinformáticos se pensó en conectar el computador utilizando el sistema telefónico. Ello llevó a la definición del estándar más conocido del nivel físico, el RS-232. No obstante, a lo largo de los años han ido surgiendo otros estándares que definen cómo conectar un computador con otros periféricos. Todos ellos se denominan "del nivel físico" porque definen la conexión física (p. ej., USB) entre los elementos de comunicación. Para ello definen cuatro clases de atributos:

1. **Eléctricos:** Describen los niveles de tensión, corriente, temporización de señales eléctricas, así como las características (capacitancia, etc) que debe tener el interfaz que define la norma.
2. **Mecánicos:** Describen las dimensiones de los conectores, número de hilos del interfaz, disposición física de los terminales, y en general las características mecánicas del interfaz.
3. **Funciones:** Describen las funciones que debe realizar el interfaz definido, como pueden ser tareas de control, de señalización, etc.
4. **Procedurales:** Describen lo que cada conector debe realizar y la secuencia de eventos que debe tener lugar para realizar la transmisión de los datos.

Cada protocolo o estándar está definido para un tipo de conexión. Por ejemplo, el estándar RS-232 se definió para conectar un computador a un módem, con una distancia no superior a 15 m. y con una velocidad máxima de aproximadamente 20.000 bps. Otros estándares se definieron para distancias o velocidades de transmisión distintas, incluso con anchos de banda, número de hilos y conectores distintos. Así, podemos encontrarnos con periféricos con especificaciones RS-422, V.35, X-21, etc. Ello indica que podemos conectar dichos equipos con un computador si este tiene un puerto que cumpla dichas características.

1.2. Sincronización de las señales

Un aspecto fundamental de la transmisión serie es la sincronización de las señales entre el emisor y el receptor. En este sentido, para que cualquier transmisión pueda realizarse correctamente debe existir sincronización a tres niveles:

1. **Sincronización a nivel de bit:** Esta sincronización consiste en detectar el principio y el fin de cada bit en una señal. En definitiva, consiste en que la señal de reloj delimite los intervalos de cada bit de igual forma en el emisor y en el receptor, y se necesita **siempre**. Hemos visto algunas técnicas para la sincronización a nivel de bit en el segundo tema del curso. La figura 1.1 muestra qué ocurre cuando la sincronización de bit no es correcta, debido a una desincronización de los relojes del emisor y receptor.

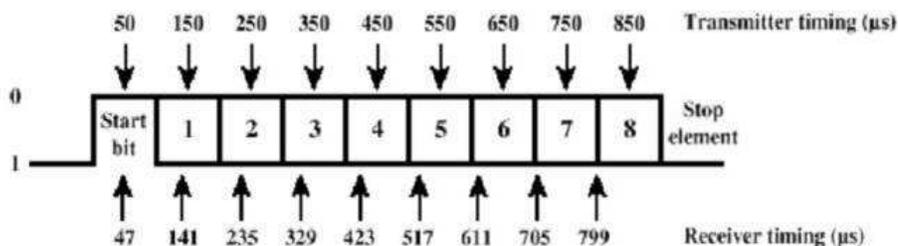


Figura 1.1: Desincronización de los relojes del emisor y receptor

2. **Sincronización a nivel de carácter:** Consiste en que ambos DTEs, emisor y receptor identifiquen de igual forma el comienzo y el fin de cada carácter. A este nivel es donde generalmente se puede hablar de una transmisión **síncrona** o **asíncrona**. Una transmisión síncrona es aquella en la cual el comienzo o el fin de un carácter viene dado por la misma señal de reloj que gobierna la sincronización a nivel de bit, ya que un carácter tendrá 8 bits. Cada carácter se transmite (sin solución de continuidad) inmediatamente después del carácter anterior. Es decir, el siguiente bit al bit número 8 del carácter k es el bit 1 del carácter $k + 1$. Por el contrario, una transmisión asíncrona es aquella en la que el comienzo de un carácter puede venir dado en cualquier intervalo de bit, ya que entre un carácter y el siguiente puede haber un número indefinido de bits en los que no se transmite información.

3. **Sincronización a nivel de mensaje o paquete:** Consiste en delimitar el principio y fin de cada mensaje o paquete. Para ello se utilizan delimitadores de trama o paquete.

De todo lo dicho se desprende que incluso en una transmisión asíncrona se necesita una señal de reloj que determine dónde comienza y dónde termina cada bit, marcando para ello un tic de reloj.

1.2.1. Transmisión asíncrona

En una transmisión asíncrona cada carácter se enmarca entre un **bit de start** y uno o más **bits de stop**. Cuando en la línea no existe información cada bit es un "1" lógico. El bit de *start* es siempre un "0" lógico. Los bits del carácter se transmiten a continuación, comenzando con el menos significativo y hasta el más significativo. El siguiente bit es el de paridad (si es que se utiliza bit paridad) y finalmente se transmiten los bits de *stop*, que es siempre también un "1" lógico. Puede haber 1, 1,5 ó 2 bits de stop.

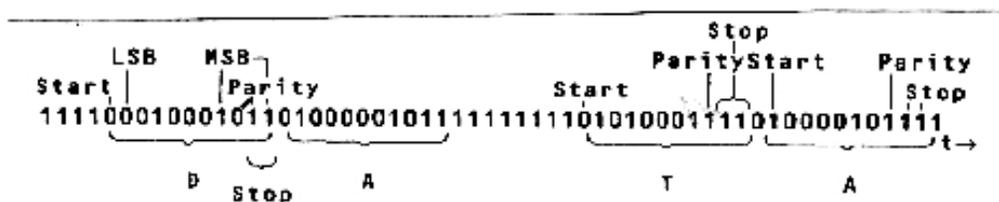


Figura 1.2: Transmisión asíncrona de la cadena "DATA"

La figura 1.2 muestra un ejemplo de transmisión asíncrona, como podría ser la transmisión del teclado de una terminal hacia la CPU. Este dispositivo es esencialmente asíncrono, puesto que el usuario no tiene por qué teclear a golpe de reloj, sino que teclea los caracteres cuando quiere. Así, al teclear la palabra "DATA" la transmisión de dichos caracteres hacia la CPU podría ser la que aparece en la figura 1.2. En este caso el usuario

ha tecleado las letras "D" y "A" casi seguidas, pero ha esperado el tiempo correspondiente a 8 bits hasta que ha tecleado la "T" y la "A".

1.2.2. Transmisión síncrona

En una transmisión síncrona en lugar de enmarcar cada caracter con un bit de start y otro de stop lo que se hace es transmitir un único caracter de sincronización al comienzo de cada mensaje o paquete y otro al final. Por ejemplo, se puede utilizar el caracter ASCII SYN (16H). La figura 1.3 muestra la transmisión del mensaje "DATA" de forma síncrona.

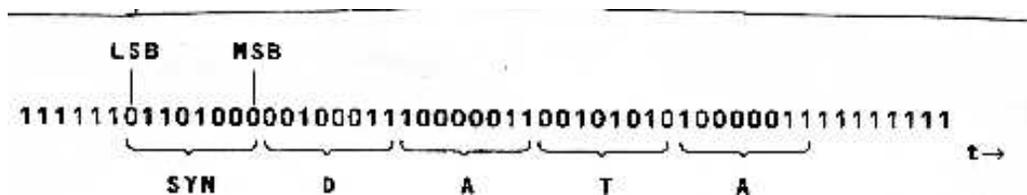


Figura 1.3: Transmisión síncrona de la cadena "DATA"

En esta figura se puede observar que entre los caracteres a transmitir no existe ningún bit de línea libre entre ellos. A golpe de reloj se transmite el primer bit de la "A" después del último bit de la "D". La transmisión va precedida del caracter SYN.

En la transmisión asíncrona cada caracter tiene dos o tres bits de sobrecarga (según el número de bits de stop) que no llevan información. Por su parte la transmisión síncrona tiene 16 bits (dos caracteres SYN) de sobrecarga en cada mensaje. Por tanto la transmisión asíncrona es más eficiente para mensajes cortos, mientras que la transmisión síncrona es más eficiente para la transmisión de mensajes largos.

1.3. Norma RS-232

Antes de que los sistemas teleinformáticos se estandarizaran cada fabricante utilizaba sus propios conectores e interfaces entre elementos del sistema. Por ello, la EIA consensuó una norma para todos los fabricantes, y la denominó **RS-232-C**. Posteriormente, los organismos internacionales adaptaron sus normas y recomendaciones de forma que estas coincidieran con la RS-232, que ya era un estándar "de facto". Por ello el usuario se encuentra normalmente en un mar de siglas. No obstante, la correspondencia entre ellas es sencilla: Las características eléctricas de la RS-232 se corresponden con la norma **CCITT (ITU) V.28**. Las características funcionales vienen definidas en la recomendación de CCITT V.24. Las características mecánicas en la norma **ISO 2110**, y las procedurales también en la **CCITT V.24**.

En la página web de la ITU-t (<http://www.itu.int/publications/itut.html>) vienen especificadas todas las recomendaciones que esta organización ha confeccionado hasta el momento y cuál es el objetivo de cada una. Inicialmente la RS-232 se desarrolló para especificar la conexión del DTE a la línea telefónica mediante un DTE, es decir, para especificar la conexión que el computador debía tener con el módem. Sin embargo este mismo estándar comenzó a utilizarse para conectar el computador con otros dispositivos periféricos distintos al módem. Las propiedades de la norma RS-232 son las siguientes:

En este tema vamos a mirar con cierto detalle la norma RS-232 porque describe las señales básicas de conexión con un módem.

1. Especifica un cable de longitud máxima de 15 m. para una velocidad máxima de transmisión de 19.200 bps.
2. Permite transmisión síncrona o asíncrona.
3. Opera sobre líneas telefónicas dedicadas o sobre la red telefónica conmutada.

4. Permite un modo de operación half-duplex o full-duplex.

1.3.1. Características funcionales

La figura 1.4 muestra la función de cada una de las patillas existentes en el conector ISO 2110

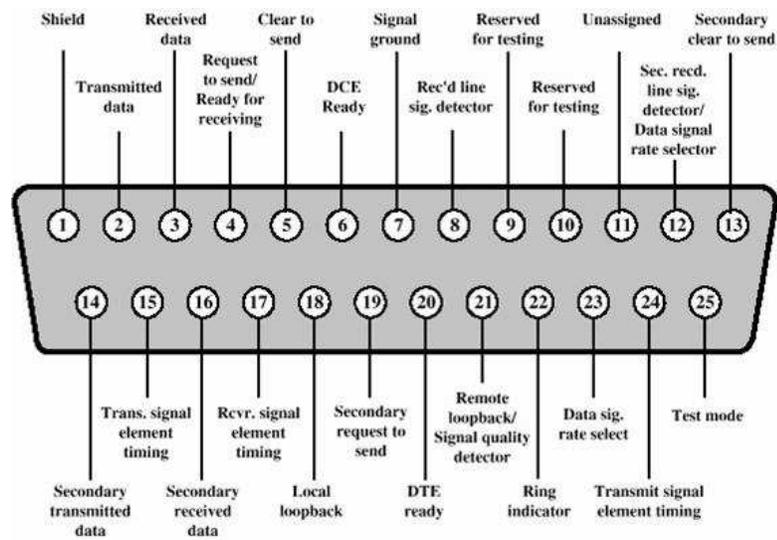


Figure 6.5 Pin Assignments for V.24/EIA-232 (DTE Connector Face)

Figura 1.4: función de cada patilla del conector ISO 2110

La **EIA** (*Electronic Industries Association*) divide las líneas en 4 categorías:

- A - Líneas de tierra.
- B - Líneas de datos.
- C - Líneas de control.
- D - Líneas de temporización.

Por otro lado, la ITU (CCITT) designa a las líneas con números de tres dígitos, generalmente del 100 al 200. Las tablas que aparecen en la figura 1.5 muestran la nomenclatura de cada patilla según cada organismo,

RS-232-C			EIA-232-D		
<i>Pin</i>	<i>CCITT Number</i>	<i>EIA Name</i>	<i>Pin</i>	<i>CCITT Number</i>	<i>EIA Name</i>
1	101	AA	1		
7	102	AB	7	102	AB
2	103	BA	2	103	BA
3	104	BB	3	104	BB
4	105	CA	4	105	CA
5	106	CB	5	106	CB
6	107	CC	6	107	CC
20	108.2	CD	20	108.2	CD
22	125	CE	22	125	CE
8	109	CF	8	109	CF
21	110	CG	21	140/110	RL/CG ¹
23	111/112	CH/CI	23	111/112	CH/CI ²
24	113	DA	24	113	DA
15	114	DB	15	114	DB
17	115	DD	17	115	DD
14	118	SBA	14	118	SBA
16	119	SBB	16	119	SBB
19	120	SCA	19	120	SCA
13	121	SCB	13	121	SCB
12	122	SCF	12	122/112	SCF/CI ³
			9	—	—
			10	—	—
			11	—	—
			18	141	LL
			25	142	TM

Figura 1.5: Nomenclaturas del patillaje de la RS-232

Sin embargo, aparte de la nomenclatura dada por cada organismo, la EIA definió cada una de las 25 patillas del conector RS-232 de la siguiente forma, y con el siguiente nombre (ver tabla de nombres en figura 1.6):

En primer lugar, las patillas 9, 10, 11, 18 y 25 no están asignadas a ninguna función

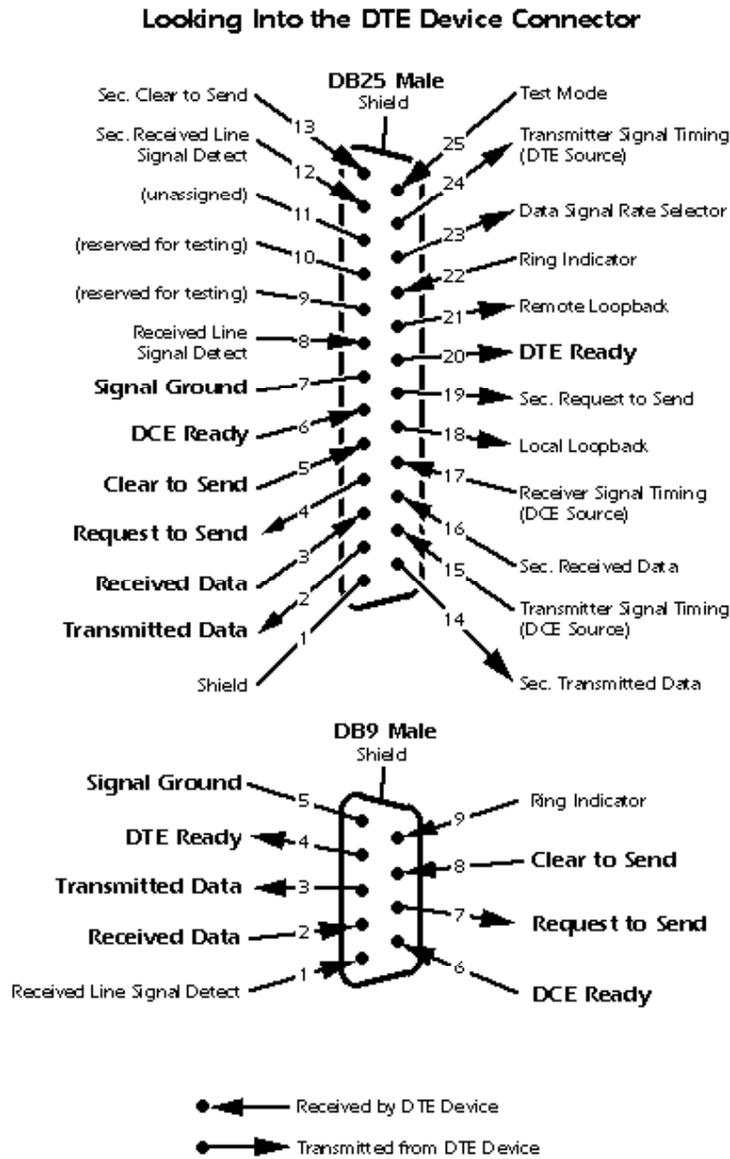


Figura 1.6: Patillaje de la RS-232 según la EIA

en concreto.

Patilla 1: *Protective Ground (GWG)* Esta patilla es la tierra de guarda. Se debe conectar al cable de tierra del sistema eléctrico en **uno** de los extremos (en el DTE o en el CDE, pero no en ambos).

Patilla 2: *Transmit Data (TD,SD)* Transmite en modo serie en el canal primario los datos desde el DTE al DCE. La línea TD es habilitada cuando se activa la patilla CS.

Patilla 3: *Receive Data (RD)* Transfiere los datos por el canal primario desde el DCE al DTE. RD se habilita cuando se activa la patilla CD.

Patilla 4: *Request to Send (RS,RTS)* El DTE utiliza esta patilla para comunicar al DCE que desea transmitir por el canal primario. Cuando el DTE activa esta señal se activa la portadora analógica del módem. RTS no se puede activar si la patilla 6 (DSR) no está activa.

Patilla 5: *Clear to Send (CS,CTS)* Esta señal es un reconocimiento del DCE al DTE cuando este activa la señal RTS. CTS habilita la transmisión de datos por la patilla 2 (TD).

Patilla 6: *Data Set Ready (DSR)* Con este pin el DCE indica al DTE la disponibilidad del canal de comunicaciones. Esta señal permanece activada mientras el DCE esté conectado al canal de comunicaciones.

Patilla 7: *Protective Ground (GND)* Es la señal de referencia para todas las demás señales, y normalmente se puentea con la patilla 1 (El interfaz es no balanceado).

Patilla 8: *Data Carrier Detect o Receive Line Signal Detect (DCD, CD, RLSD)* El DCE utiliza esta patilla para indicar al DTE que el DCE está recibiendo una portadora analógica en el canal primario. Esta patilla habilita la patilla RD.

Patilla 12: *Secondary Receive Line Signal Detect (SRLSD)* Se activa cuando el DCE recibe la portadora en el canal secundario. La activación de esta patilla habilita la patilla SRD.

Patilla 13: *Secondary Clear to Send (SCTS)* Esta patilla realiza funciones idénticas a la patilla 5 pero para el canal secundario. Por tanto, esta patilla habilita la patilla STD.

Patilla 14: *Secondary Transmit Data (STD)* Sirve para transmitir datos de diagnóstico desde el DTE al DCE. Se habilita cuando se activa la señal SCTS.

Patilla 15: *Transmission Signal Element Timing (SCT)* Por esta patilla se envía desde el DCE al DTE las señales de temporización de la transmisión cuando el reloj maestro está ubicado en el DCE.

Patilla 16: *Secondary Received Data (SRD)* Por esta patilla se transmiten datos de diagnóstico desde el DCE al DTE. Se habilita cuando se activa la patilla SRLSD.

Patilla 17: *Receive Signal Element Timing (SCR)* Por esta patilla el DCE le envía al DTE las señales de temporización para la recepción.

Patilla 19: *Secondary Request to Send (SRTS)* Esta patilla realiza funciones idénticas a las de la patilla 4 pero para el canal secundario.

Patilla 20: *Data Terminal Ready (DTR)* Esta patilla sirve como reconocimiento o confirmación de que el DTE está disponible para atender una llamada. Se utiliza sólo en comunicación por red telefónica conmutada (RTC).

Patilla 21: *Signal Quality Detector (SQD)* El DCE utiliza esta patilla para indicar al DTE que la calidad de la portadora recibida es muy baja.

Patilla 22: *Ring Indicator (RI)* Se usa en líneas conmutadas (RTC) por el DCE para indicar al DTE que hay una llamada.

Patilla 23: *Data Signal Rate Detector (DSRS)* El DTE utiliza esta patilla para seleccionar la velocidad de transmisión (frecuencia de reloj) del DCE.

Patilla 24: *Transmit Signal Element Timing (SCTE)* Cuando el reloj maestro está ubicado en el DTE este envía al DCE las señales de temporización para la transmisión mediante esta patilla.

Resumiendo las funciones de cada uno de los bits:

Patillas 1 al 8 y patilla 20: Se usan tanto en modems síncronos como en modems asíncronos.

Patillas 15,17 y 24: Se usan sólo en modems síncronos.

Patillas 12,13,14,16 y 19: Se usan sólo si el DCE tiene canal secundario.

Patillas 19 y 22: Sólo en conexiones RTC.

De esta forma, para transmisiones asíncronas que no utilicen la RTC sólo hacen falta 9 patillas (9 cables). Por ello IBM comenzó a utilizar el conector DB-9, que viene definido por la norma EIA-449.

1.3.2. Características procedurales

Las características funcionales de la RS-232 vienen definidas por la V.24. Sin embargo, estas características (lo que debe realizar cada patilla) ya lo hemos visto en el apartado anterior. No obstante, para aclarar mejor la función de cada línea vamos a ver cómo opera la RS-232 en su modo de operación básico. Este modo de operación supone una línea punto a punto y transmisión asíncrona de datos. La descripción de este modo de funcionamiento viene presentada en la secuencia de eventos que se presenta en la figura 1.7.

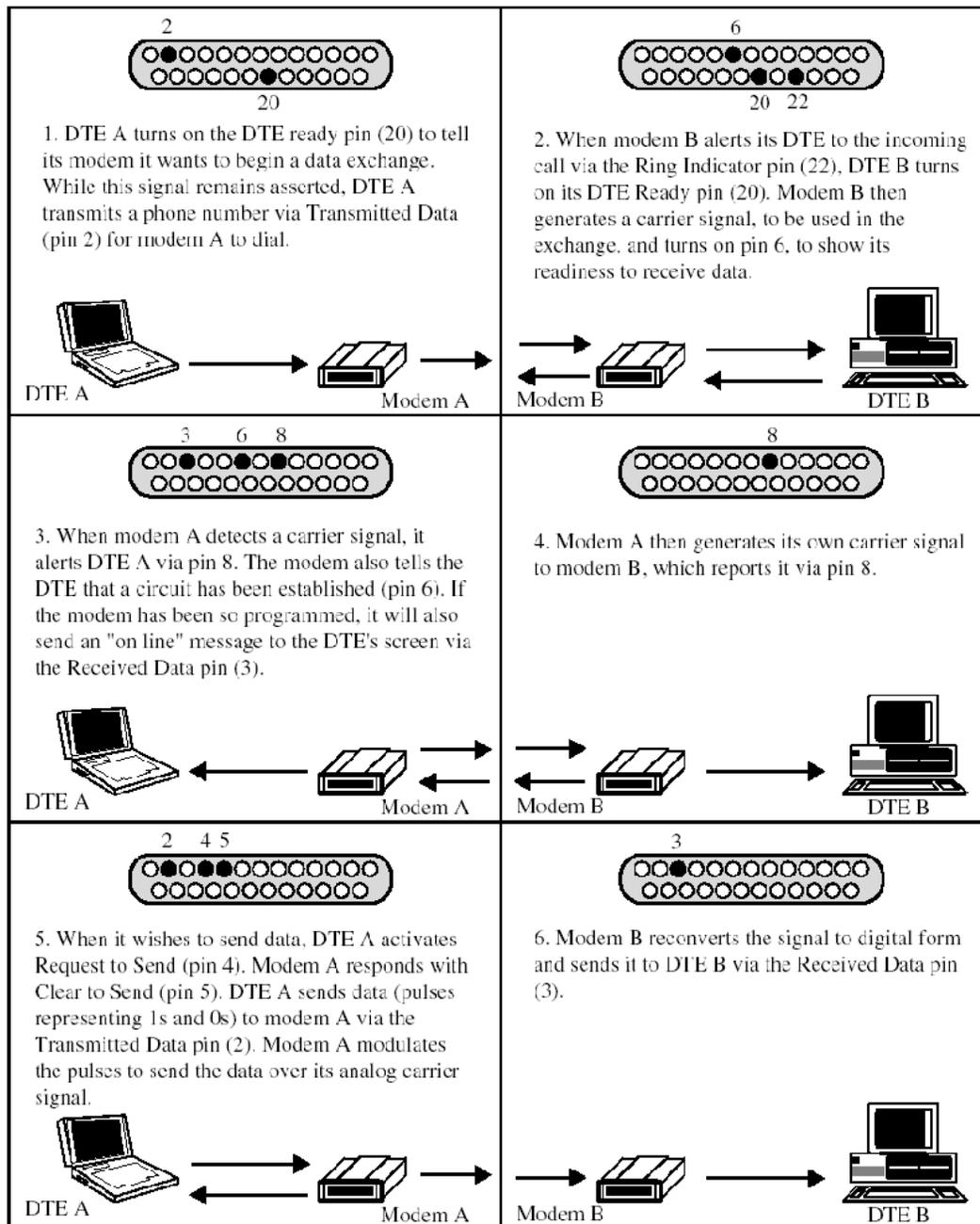


Figura 1.7: Especificaciones procedurales de la RS-232

La transmisión de datos que muestran los eventos 5 y 6 de la figura 1.7 tiene lugar de la forma que refleja el cronograma que aparece en la figura 1.8

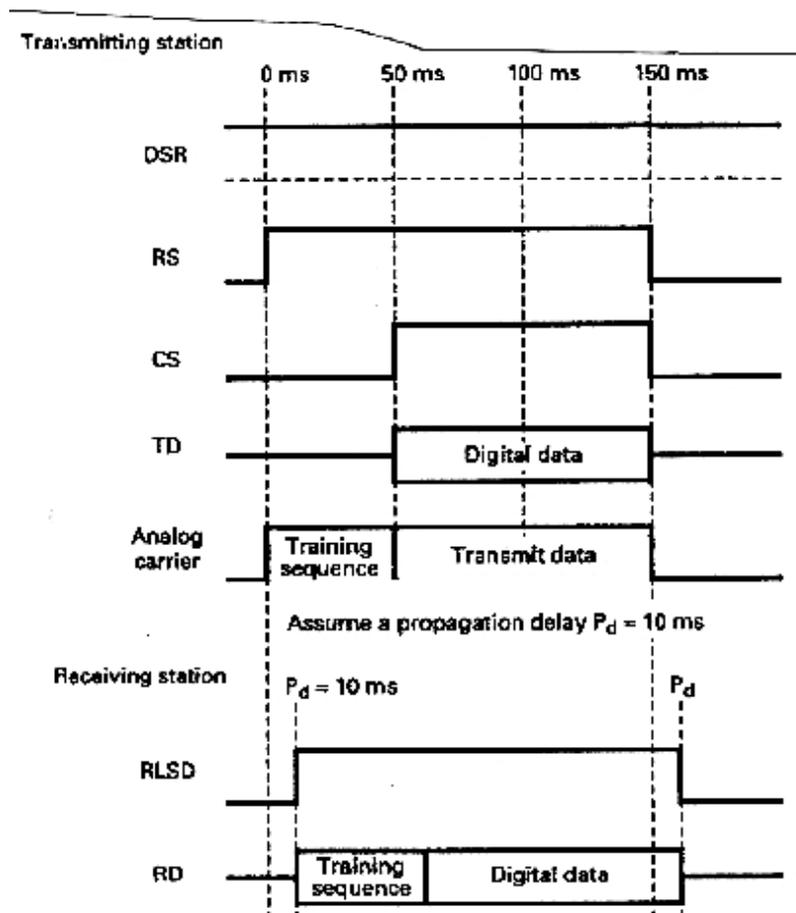


Figura 1.8: Modo de operación básico de la RS-232

En el lado transmisor se deben realizar los siguientes pasos:

1. Si el DCE tiene el canal libre (DSR activa), cuando el DTE tiene datos para enviar primero activa la señal RTS.
2. Después de un tiempo determinado (en la figura es de 50 ms.) el DCE activa la CTS. Durante este retardo el modem está sacando por la línea una portadora modulada por

un patrón de bits único denominado **secuencia de entrenamiento**. Esta secuencia se usa para inicializar la línea y sincronizar los circuitos de detección de portadora y sincronismo en el modem de recepción. Concretamene su función es:

- a) Verificar la continuidad de la línea (DCD).
 - b) Sincronizar los relojes del receptor y emisor.
 - c) Desactivar los supresores de eco en la línea.
3. La señal TD se activa y el DTE comienza a transmitir los datos. Cuando termina, desactiva la patilla RTS, y en respuesta el modem desactiva la señal CTS.

Por su parte, el lado receptor debe realizar las siguientes acciones:

1. Cuando el DCE detecta la portadora analógica, activa la señal RLSD o DCD, que habilita la señal RD.
2. Cuando el DTE detecta la activación de la señal DCD, activa la RD y comienza a recibir primero la secuencia de entrenamiento, y luego los datos.

En cuanto a las características procedurales de la RS-232, estas ya han sido descritas en los apartados vistos hasta ahora, puesto que describen los pasos a seguir para realizar la comunicación entre dos DTEs.

1.3.3. Uso estándar de la RS-232: Control de módem.

Aunque el propósito inicial de la norma fué el manejo de dispositivos que sirvieran de interfaz con el sistema telefónico, posteriormente se comenzó a utilizar esta norma para el manejo de dispositivos con otra finalidad, quedando finalmente como una norma de uso

general para el manejo de dispositivos que soporten transmisión de tipo serie. original de la RS-232.

La figura 1.9 muestra cómo es la conexión del DTE con el DCE para el uso estándar de la RS-232.

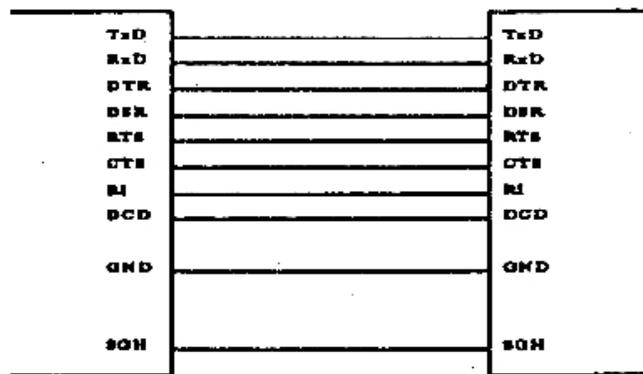


Figura 1.9: Conexión estándar RS-232

1.3.4. Usos no estándar de la RS-232

El interfaz RS-232 contempla líneas de control que pueden utilizarse para realizar el control de flujo. El control de flujo en una transmisión de datos consiste en evitar que un emisor potente desborde la capacidad de recepción de datos de un receptor menos potente. Para ello se deben usar líneas de control que permitan o impidan la transmisión de más datos por parte del emisor. Estas líneas de control deberán estar gobernadas por el dispositivo receptor. Un ejemplo de este tipo de señal de control de flujo puede ser la CTS. Sin embargo, es posible utilizar las líneas de este interfaz con otros propósitos. De hecho, muchos dispositivos que se llaman compatibles RS-232 no respetan las especificaciones funcionales o procedurales. Estos son los usos no estándar del interfaz RS-232.

Conexión null-modem

Una posibilidad de estos usos "libres" del interfaz consiste en conectar dos DTE directamente sin utilizar modems. Dado que el interfaz fué diseñado para conectar un DTE a un DCE, hay que modificar las conexiones para conseguir conectar un DTE a otro DTE con el mismo interfaz. La figura 1.10 una de las posibles soluciones.

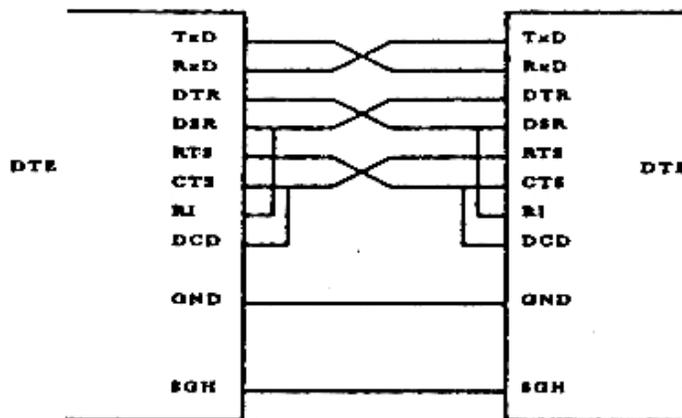


Figura 1.10: Conexión null-modem

En general, cuando en un tipo de conexión las señales de control del modem no se conectan a un modem, entonces la conexión se denomina **Null-modem**. En este ejemplo se cruzan las señales TD y RD. Las conexiones restantes se hacen de tal forma que cuando un DTE activa las señales de control siguiendo el procedimiento habitual de la RS-232 lo que hace en realidad es obligar al otro DTE a habilitarle la transmisión o recepción. Así, cuando un DTE activa la RTS en el DTE remoto se activará la DCD.

Control de flujo.

Otra de las ventajas de utilizar la RS-232 para conectar periféricos consiste en que la RS-232 proporciona una forma sencilla de realizar el **control de flujo**. El control de flujo consiste en impedir que un transmisor capaz de transmitir a una velocidad de transmisión alta desborde la memoria del receptor. El control de flujo se puede realizar de 2 formas:

1. **Protocolo Software:** En este caso la conexión necesita sólo tres líneas, transmisión, recepción y tierra. El control de flujo se realiza enviando secuencias concretas de datos. Existen dos protocolos muy extendidos:

a) **XON/XOFF:** En este protocolo el computador comienza a transmitir caracteres al periférico, el cual los almacenará en su memoria interna hasta que los procese. Cuando el periférico detecta peligro de que la memoria se desborde (por ejemplo, detecta que la memoria alcanza el 80 % de su capacidad) entonces envía al computador el carácter XOFF (el código ASCII 13H, 19 en decimal) por la línea RD. Cuando el computador recibe este carácter, interrumpe la transmisión de datos. Mientras tanto el periférico puede ir procesando los datos guardados en su memoria. Cuando el periférico detecta que su memoria interna se va a quedar vacía (por ejemplo, que está al 20 % de su capacidad) entonces envía un carácter XON (Carácter ASCII 11H, 17 en decimal) por la línea RD. Cuando el computador recibe este carácter, reanuda la transmisión.

b) **ETX/ACK** Este protocolo es idéntico al protocolo XON/XOFF. Lo único que varía es que los caracteres que envía el periférico son el carácter ASCII ETX para habilitar la transmisión de nuevos datos y el carácter ASCII ACK para inhabilitar la misma.

2. **Protocolo Hardware:** Estos métodos de control de flujo dedican alguna línea de control que habilite o inhabilite el envío de nuevos datos. El problema reside en

qué líneas utilizamos, ya que la RS-232 no especifica el manejo de dispositivos distintos al modem. Por tanto hay dos opciones:

- a) Utilizar las patillas no definidas en el interfaz RS-232.
- b) Utilizar alguna señal de control de las definidas en el estándar RS-232 para realizar el control de flujo. La figuras 1.11 y 1.12 muestran el segundo caso. En la figura 1.11 el periférico (en este caso una impresora) está configurada como un DTE. La función de control de flujo lo realiza la impresora mediante la patilla DTR, que está conectada a la DSR en el computador.

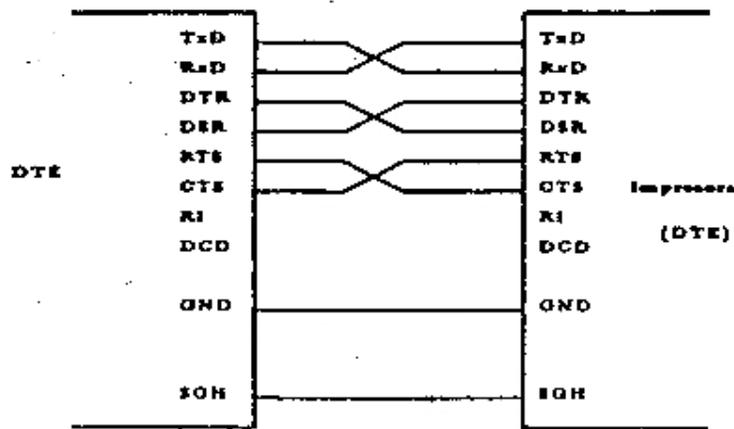


Figura 1.11: Conexión de un DTE con impresora en modo DTE

En el caso de que la impresora funcione como un DCE (este extremo se puede comprobar por el tipo de conector disponible en la impresora, ya que la norma RS-232 establece que el DCE debe disponer de conector hembra) la impresora puede desactivar la señal CTS cuando su memoria esté llena, con lo que el DTE debe dejar de transmitir.

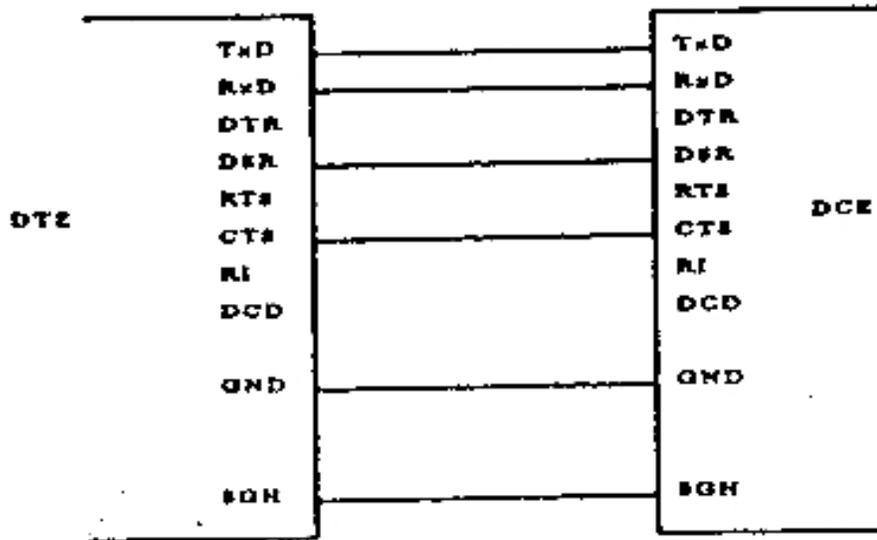


Figura 1.12: Conexión de un DTE con impresora en modo DCE

1.4. Norma V.35

La norma V.35 especificaba el interfaz para un grupo de módems que funcionaban a 48.000 bps. Aunque estos módems ya han desaparecido, el interfaz especificado se utiliza muy a menudo para interconectar otros dispositivos de “alta velocidad”. El ejemplo más típico de su uso es para conectar un encaminador o router (un equipo que encamina paquetes de datos por líneas telefónicas) a un DSU (Data Service Unit, un dispositivo que conecta el router a la línea troncal telefónica).

La V.35 es el estándar más popular (en EE.UU.) para velocidades de transmisión de datos superiores al máximo oficial de la RS-232 de 20.000 bps. La V.35 se usa para comunicaciones de datos con unas velocidades desde 56.000 bps hasta 1.544 Mbps (T1).

Las especificaciones mecánicas definen un conector en D de 34 patillas, con dos tornillos para asegurar que no se desconecte por tirones. Normalmente la V.35 se utiliza

para transmitir datos síncronos. Existen algunas señales de esta norma (las de datos y reloj de alta velocidad) que se definen como diferenciales, mientras que otras señales de control (las típicas de la V.24) siguen siendo no balanceadas. La tabla 1.1 muestra con detalle el patillaje de la norma V.35 con el conector M-34 (34 patillas):

Nombre	Patilla	Descripción	Tipo
FG	A	Frame Ground	–
SG	B	Signal Ground	–
SDA	P	Send Data A	Diferencial
SDB	S	Send Data B	Diferencial
RDA	R	Receive Data A	Diferencial
RDB	T	Receive Data B	Diferencial
RTS	C	Request To Send	No balanceada (V.24)
CTS	D	Clear To Send	No balanceada
DSR	E	Data Set Ready	No balanceada
DTR	H	Data Terminal Ready	No Balanceada
RLSD	F	Receive Line Signal Detect	No Balanceada
TCEA	U	Transmit Clock Ext A	Diferencial
TCEB	W	Transmit Clock Ext B	Diferencial
TCA	Y	Transmit Clock A	Diferencial
TCB	AA	Transmit Clock B	Diferencial
RCA	V	Receive Clock A	Diferencial
RCB	X	Receive Clock B	Diferencial
LL	J	Local Loopback	No Balanceada
RLB	BB	Remote Loopback	No Balanceada
TM	K	TestMode	No Balanceada
	L	TestPattern	No balanceada

Cuadro 1.1: Patillaje de la Norma V.35

La V.35 compete”, o es una alternativa a otros interfaces serie de .alta velocidad”:

- EIA-449, que se utiliza en Europa y (curiosamente) por el ejército de los EE.UU..
- EIA-530, que utiliza un conector DB-25.

También existen otros estándares diseñados para manejar datos a gran velocidad

desde un PC, como son el bus USB (Universal Serial Bus) o el estándar IEEE-1394. Sin embargo, estos estándares entrarían dentro de lo que son los periféricos de un computador, y son estudiados en otras asignaturas de la carrera.

V.35 fué diseñado originalmente como interfaz para un módem capaz de suministrar señales a 48kbps, y durante un tiempo fué el estándar más avanzado para enlaces serie. Aunque en 1989 la ITU-T recomendó sustituir la V.35 por la RS-422, muchos fabricantes (Cisco entre ellos) siguieron utilizando las especificaciones eléctricas (V.11) de la V.35 para las conexiones serie de sus aparatos (puentes y routers, que veremos más adelante y en la asignatura de redes), y de hecho hoy en día sigue en uso en este tipo de dispositivos, en lugar de utilizar ya el estándar más avanzado de la RS-449.

La norma V.35 puede alcanzar una velocidad tan grande (comparada con la RS-232) debido a sus características eléctricas, que definen un receptor diferencial, como la RS-449. Además, trenza los dos conductores (pares trenzados) que llevan las señales definidas como diferenciales, de forma que las interferencias producidas por las tensiones que circulan en ambos cables se anulan.

2 CAPA FÍSICA DE LAS REDES DE ÁREA LOCAL (LAN)

2.1. Capa física de la norma IEEE 802.3 (ETHERNET)

La norma 802.3 (comúnmente conocida como ETHERNET) define para la capa física varias normas con diferentes tipos de cableado, tal como muestra la tabla 2.1, donde aparecen por orden cronológico las diversas normas que han ido apareciendo a lo largo del tiempo. Todas las normas utilizan codificación Manchester para transmitir los datos.

Nombre	Cable	Long. segmento	Nodos/seg
10-Base-5	Coaxial grueso (10 mm.)	500 m.	100
10-Base-2	Coaxial fino (10 mm.)	185 m.	30
10-Base-T	Par Trenzado	100 m.	1024
10-Base-FP	Fibra óptica	1000 m.	1024
10-Base-FL	Fibra óptica	2000 m.	
10-Base-FB	Fibra óptica	2000 m.	

Cuadro 2.1: Normas 802.3 para la capa física.

Norma 10-Base-5: La nomenclatura de esta norma viene de que define como medio de transmisión cable coaxial grueso capaz de transmitir a 10 Mbps, utilizando transmisión en banda *base*, y define una longitud máxima de segmento de cable de 500 m.

En esta norma la conexión de un computador al segmento de red se realiza mediante conectores vampiro. Estos conectores consisten en dos pinchos, uno más largo que el otro. El pincho largo se conecta de manera que no toque la malla exterior del cable coaxial, y que haga contacto con el conector interior. El pincho corto debe hacer contacto con la malla del cable coaxial. De esta forma, mediante un cable que una los pinchos del conector vampiro con la tarjeta de red del computador, se puede trasladar la señal del cable coaxial hasta el computador. La figura 2.1 a) muestra un esquema de cómo sería este cableado.

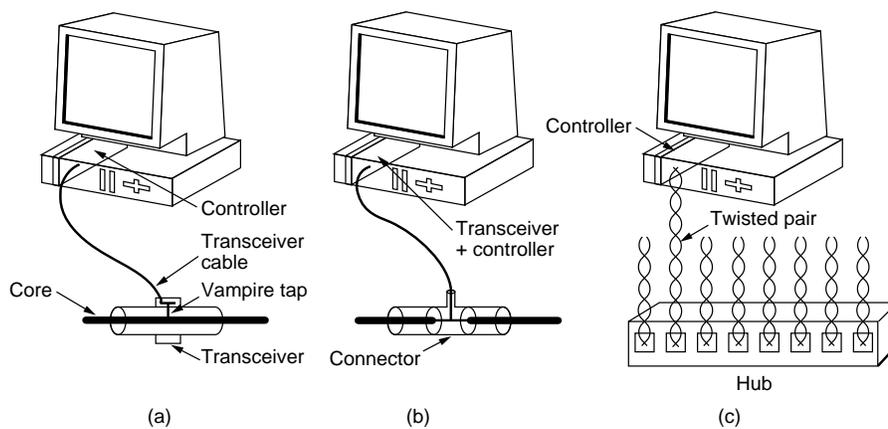


Figura 2.1: Cableados Ethernet a) 10Base5 b) 10Base2 c) 10Base-T

Norma 10-Base-2: Esta norma también define una velocidad de 10 Mbps y transmisión en banda *base*. En este caso, sin embargo, se define un cable coaxial de peor calidad que sólo permite una longitud de segmento de 185m. Adicionalmente, en esta norma no existen conectores vampiro y cables que conectan el cable coaxial con la tarjeta de red del computador, sino que el mismo cable coaxial es el que debe conectarse a la tarjeta del computador. La figura 2.1 b) muestra un esquema de cómo sería este cableado.

Norma 10-Base-T: En este caso se define como medio de transmisión el cable de par

trenzado. Por tanto, la topología física de la red es en este caso de estrella. Existe un dispositivo electrónico al que se conectan todos los segmentos de red procedentes de las tarjetas de los computadores que forman la red. Este dispositivo se denomina **concentrador**, y su función es comportarse funcionalmente como un cable coaxial: acepta la entrada a través de una línea y la repite en todas las demás líneas. La figura 2.1 c) muestra un esquema de cómo sería este cableado.

Norma 10-Base-F: Esta norma define como medio de transmisión la *Fibra óptica*. Debido al coste de la electrónica asociada a la fibra óptica, este tipo de cableado sólo se utiliza para unir varias subredes entre sí o para sortear grandes distancias. El estándar contiene realmente 3 especificaciones distintas:

Norma 10-Base-FP (pasiva): Define una topología de hasta 33 estaciones en estrella conectados a un dispositivo central mediante segmentos de hasta 1 km. Este dispositivo central de fibra óptica toma la señal de una de las f. o. de entrada y las transmite por todas las líneas de salida sin retardo.

Norma 10-Base-FL (enlace): Define un enlace punto a punto que se puede usar para interconectar estaciones o repetidores separados una distancia de hasta 2 km.

Norma 10-Base-FB (troncal): Define un enlace punto a punto que puede usarse para interconectar repetidores a una distancia de hasta 2 km.

Hay que destacar que el estándar 802.3 en sí mismo ya es un estándar obsoleto, porque cualquier tarjeta de red funciona ya siguiendo estándares más avanzados que vamos a ver a continuación. No obstante, las restricciones que impone la capa física de la 802.3 son las que determinan tanto las normas de cableado estructurado como algunos formatos de trama. Por ello se ha incluido en el temario.

2.2. Capa física de la norma IEEE 802.3u (Fast Ethernet)

Ethernet a alta velocidad (Fast Ethernet) es un conjunto de especificaciones desarrolladas por el comité IEEE 802.3 con el fin de proporcionar una LAN de bajo coste, compatible con el estándar 802.3, y que funcionase a 100 Mbps. Este estándar mantiene todos los formatos de la 802.3, pero multiplica por 10 la velocidad de transmisión alcanzada con el hardware.

De todas las normas de nivel físico de la norma IEEE 802.3u, las normas 100-BASE-X utiliza las especificaciones del medio físico definidas originalmente para FDDI (Fiber Distributed Data Interface). Emplean 2 enlaces (f.o.) entre los nodos, uno para transmisión y otro para recepción. La norma 100-BASE-FX usa fibra óptica, mientras que la norma 100-BASE-TX utiliza 2 pares trenzados apantallados o 2 pares UTP de categoría 5.

Una alternativa menos costosa para implementar una red 802.3u la constituye la norma 100-BASE-T4. Esta norma puede utilizar 4 pares UTP de categoría 3 o UTP de categoría 5. La Tabla 2.2 muestra diversas normas de la capa física de la 802.3u y sus características principales.

Nombre	Cable	Long. segmento	Características
100-Base-T4	Par trenzado	100 m.	4pares UTP cat. 3 o Cat. 5
100-Base-TX	Par trenzado	100 m.	Cable UTP categoría 5 o STP
100-Base-FX	Fibra óptica	2000 m.	Full dúplex a 100 Mbps; tramos grandes

Cuadro 2.2: Normas 802.3u para la capa física.

- 1. 100-Base-T4:** Usa un cable de par trenzado de categoría 3, que admite una frecuencia máxima de señal de 25 MHz. (es decir, sólo un 20 % más rápido que la 802.3, que utiliza un código Manchester a 10 Mbps = 20 MHz.).

Este cable utiliza 4 pares:

- Uno de los pares transmite en el sentido desde el concentrador hasta la tarjeta de red.
- Otro par transmite en el sentido inverso, desde la tarjeta hasta el concentrador.
- Los dos pares restantes son conmutables según el sentido de la transmisión. De esta forma, en todo momento podemos tener tres pares para transmitir en el sentido que deseemos.

No se utiliza codificación Manchester, sino un tipo de codificación ternaria (multinivel, en un periodo de tiempo cada par puede señalar un “0”, un “1” o un “2”. De esta forma, con señalización ternaria y tres pares en un sentido, podemos codificar $3^3 = 27$ símbolos distintos. Es decir, equivale a codificar 4 bits con cierta redundancia. Y la transmisión de 4 bits cada ciclo, con una frecuencia de 25 MHz, son 100 Mbps. Este esquema de transmisión se denomina **8B6T** *8 bits a 6 trits*.

Hay que destacar que con este sistema de transmisión y a esta frecuencia, podemos conseguir una transmisión full-dúplex, pero no una transmisión full-dúplex a 100 Mbps. Sólo disponemos de tres pares de cables en uno de los sentidos. En el otro sentido de la transmisión dispondremos por tanto de sólo un par, y a 25 Mhz no se puede llegar a 100 Mbps aunque la codificación sea ternaria.

2. **100-Base-TX:** Utiliza un cable UTP de cuatro pares de categoría 5 o bien cable de 4 pares STP. Este tipo de cable permite alcanzar frecuencias de hasta 125 MHz en cada par. Por tanto, este cable sólo usa dos pares, uno en cada sentido de la transmisión, para conseguir una transmisión full-dúplex a 100 Mbps. No obstante, tampoco esta norma emplea codificación binaria directa, sino un esquema denominado 4B5B, a 125 MHz, de forma que cada 5 periodos de reloj envía 4 bits. Hay que destacar que este sistema **sí** permite una transmisión full-dúplex integral a 100 Mbps.
3. **100-Base-FX:** Utiliza 2 fibras ópticas multimodo, siendo la distancia máxima entre concentrador y la estación de 2 km.

2.3. Capa física de la norma IEEE 802.3z (Gigabit Ethernet)

Las redes Fast Ethernet se extendieron con una rapidez incluso superior a las expectativas más optimistas. Como consecuencia de esto los precios bajaron y su uso se popularizó hasta el punto de que se utilizaba Fast Ethernet no solo en los enlaces troncales sino en la conexión del usuario final. Para mantener un diseño coherente y equilibrado de la red se requerían velocidades superiores en el backbone, requerimiento que no podía ser satisfecho con los productos habituales, salvo quizá por ATM a 622 Mb/s, pero a unos precios astronómicos. Este hecho junto con la experiencia positiva habida con Fast Ethernet animó al subcomité 802.3 a iniciar en 1995 otro grupo de trabajo que estudiara el aumento de velocidad de nuevo en un factor diez, creando lo que se denomina Gigabit Ethernet.

Gigabit Ethernet define un concentrador compartido o conmutado. En el concentrador compartido sí se utilizan las mejoras indicadas, pero en el concentrador conmutado que cada segmento es un medio dedicado, y no se utilizan dichas mejoras. De hecho, no hay que luchar para acceder al medio compartido. La Figura 2.2 muestra una configuración de red Gigabit Ethernet con ambos tipos de concentradores.

1000-BASE-SX: Esta norma utiliza fibra óptica multimodo. Proporciona enlaces dúplex de hasta 275 m. o bien de hasta 550m., dependiendo del tipo de fibra óptica. Las longitudes de onda permitidas están entre 770 y 860 nm..

1000-BASE-LX: Esta norma especifica tanto f.o. multimodo como f.o. monomodo. Utiliza longitudes de onda entre 1.270 nm. y 1.355 nm. Proporciona enlaces dúplex de 550 m. de longitud con f.o. multimodo o de 5000 m. de longitud con f.o. monomodo.

1000-BASE-CX: Especifica enlaces de 1 Gpbs entre dispositivos ubicados en un mismo armario o centro de conexiones usando latiguillos de pares trenzados apantallados de

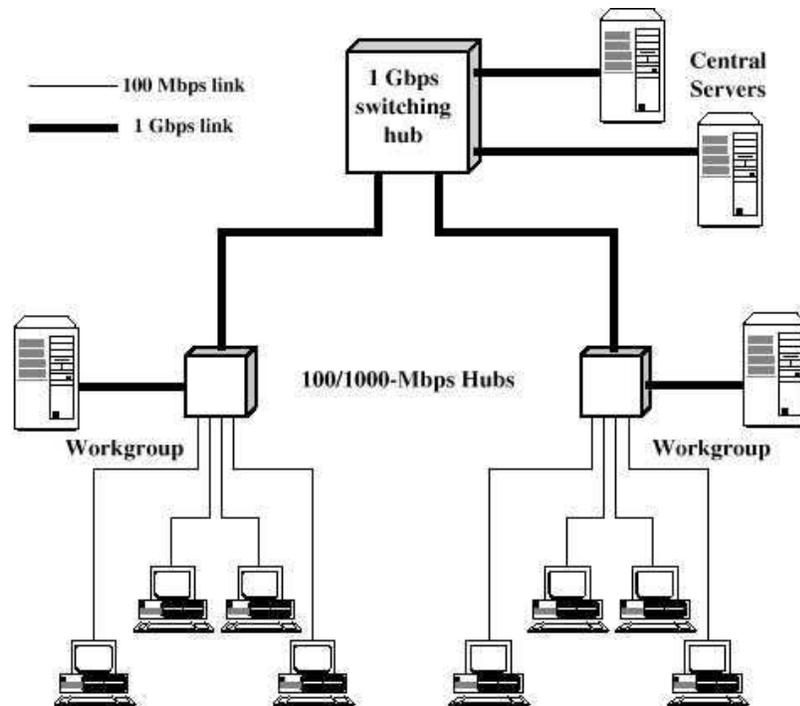


Figura 2.2: Configuración de típica de red Gigabit Ethernet.

menos de 25 m.

1000-BASE-T: Utiliza 4 pares UTP de categoría 5 para conectar dispositivos separados hasta 100 m.

Gigabit Ethernet no utiliza ni codificación Manchester ni la codificación 4B/5B. En su lugar, utiliza una codificación denominada **8b/10B**, pensada para fibra óptica, para todas las normas **menos para la 1000-BASE-T**. Cada byte (8 bits) se codifica como 10 bits, de aquí su nombre. Como hay 1024 palabras posibles para cada byte de entrada, se eligieron las palabras que cumplen estas reglas:

1. Ninguna palabra tiene más de 4 bits idénticos consecutivos (no se permiten secuencias como "11111").

2. Ninguna palabra tiene más de seis bits "0" ni más de 6 bits "1".

Claramente, la primera regla garantiza la sincronización de bit, y la segunda garantiza componente continua nula, como vimos en el tema 2.

Sin embargo, la norma **1000Base-T** usa una **codificación diferente**, ya que en cable UTP de categoría 5 se transmiten en paralelo 4 símbolos. Cada uno de ellos se codifica usando 5 niveles de tensión, lo que permite codificar 2 bits y un valor especial de control. Por tanto, hay 8 bits de datos en el cable por ciclo de reloj. El reloj va a 125 MHz, con lo que da 1000 Mbps.

2.4. Capa física de la norma IEEE 802.11 (Wireless LAN)

Con la popularización de los computadores portátiles, se hizo patente la necesidad de una conexión a red sin hilos. Ello determinó la aparición del estándar IEEE 802.11, también conocido comúnmente como **WiFi**. Este estándar establece que las redes de área local inalámbricas pueden trabajar de 2 formas

1. En presencia de una estación base que está conectada a la red cableada.
2. En ausencia de estaciones base.

En el primer caso toda la comunicación se realiza a través de la estación base. A esta estación se le denomina en la terminología 802.11 como **punto de acceso**. En el segundo caso las computadoras portátiles se envían mensajes entre sí directamente. Este modo de funcionamiento se denomina **redes ad hoc**. El ejemplo típico es el de varias personas con computadores portátiles en un cuarto no equipado con una LAN, o una red de sensores en un entorno exterior. La figura 2.3 ilustra ambos modos de funcionamiento.

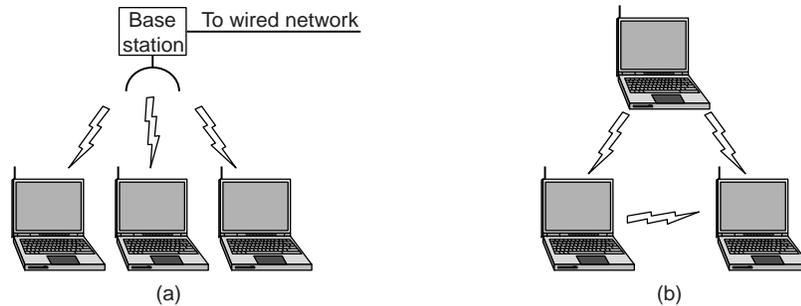


Figura 2.3: Red inalámbrica a) Con estación base b) Red ad hoc

Cuando se definió el estándar 802.11 el estándar 802.3 ya dominaba las redes de área local, por lo que el 802.11 se diseñó compatible con la 802.3 en la capa de enlace de datos, como veremos en el tema 7. La figura 2.4 muestra todas las variantes de la capa física definidas para el estándar 802.11.

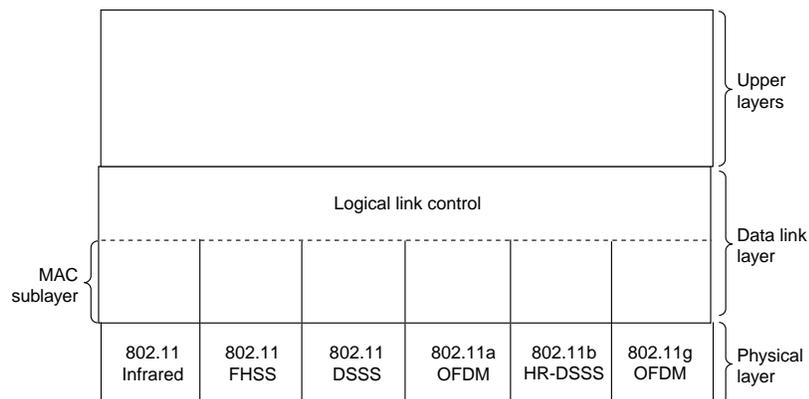


Figura 2.4: Variantes de la capa física del estándar 802.11

El estándar 802.11 original (de 1997) especifica 3 técnicas de transmisión en la capa física. El método de infrarrojos usa casi la misma tecnología que los mandos de control remoto de la televisión, pero utiliza transmisión difusa (no requiere línea visual directa) con una longitud de onda de 0,85 a 0,95 micras. Se permiten 2 velocidades, 1 ó 2 Mbps.

Este estándar hoy en día prácticamente no se utiliza.

Los otros métodos usan la modulación FDSS y DSSS que ya vimos en el tema 2. Usan la banda de 2.4 GHz, que no necesita licencia estatal. Los mandos de puertas de garaje también usan esta banda, por lo que no es descartable que algún portátil abra alguna puerta. También usan esta banda los teléfonos inalámbricos y los hornos microondas. Estas técnicas funcionan a 1 ó 2 Mbps y con poca potencia. FHSS usa 79 canales, cada uno con un ancho de banda de 1 MHz, comenzando en el extremo más bajo de la banda de 2,4 GHz. El tiempo de transmisión en cada frecuencia, también conocido como **tiempo de permanencia** (en el tema 2 lo vimos como parámetro T_c) debe ser menor de 400 mseg. El método DSSS, que también vimos en el tema 2, transmite 11 chips por bit.

La 802.11a utiliza **OFDM (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)** para transmitir hasta a 54 Mbps en la banda de 5 GHz. Como el nombre FDM indica, usa 52 subcanales, 48 para datos y 4 para sincronización. Utiliza un sistema de modulación complejo basado en la modulación por desplazamiento de fase (FSK) para velocidades de hasta 18 Mbps, y modulación QAM para velocidades mayores. A 54 Mbps se codifican 216 bits de datos en símbolos de 288 bits.

La 802.11 b usa una modulación llamada **HR-DSSS (lo de HR viene de High Rate, Alta Velocidad)**. Usa 11 millones de chips por segundo para alcanzar 11 Mbps en la banda de 2,4 GHz. Puede transmitir a 1 Mbps, 2 Mbps, 5,5 Mbps y 11 Mbps. Las 2 velocidades más rápidas se ejecutan a 1,375 Mbaudios, con 4 y 8 bits por baudio, respectivamente.

En 2001 el IEEE aprobó el 802.11g, que utiliza la modulación OFDM de la 802.11a pero la banda de 2,4 GHz de la 802.11b. En teoría, puede operar hasta a 54 Mbps.

Finalmente, la norma IEEE 802.11n es una propuesta de modificación al estándar IEEE 802.11-2007 para mejorar significativamente el rendimiento de la red más allá de los estándares anteriores, tales como 802.11b y 802.11g, con un incremento significativo en la

velocidad máxima de transmisión de 54 Mbps a un máximo de 600 Mbps. La capa física soporta una velocidad de 300Mbps, con el uso de dos flujos espaciales en un canal de 40 MHz. Dependiendo del entorno, esto puede traducirse en un rendimiento percibido por el usuario de 100Mbps.

El estándar 802.11n fue ratificado por la organización IEEE el 11 de septiembre de 2009. Se basa en agregación Multiple-Input Multiple-Output (MIMO) y unión de interfaces de red (Channel Bonding), además de agregar varias tramas a la capa MAC (envío de varias tramas en un sólo acceso al medio, pero esto lo veremos en el siguiente tema).

La figura 2.5 ilustra un sistema MIMO. MIMO usa múltiples antenas transmisoras y receptoras para mejorar las prestaciones sistema. MIMO es una tecnología que usa múltiples antenas para manejar más información (cuidando la coherencia) que utilizando una sola antena. Dos beneficios importantes que provee a 802.11n son la diversidad de antenas y el multiplexado espacial. La tecnología MIMO depende de señales multiruta. Las señales multiruta son señales reflejadas que llegan al receptor un tiempo después de que la señal de línea de visión (line of sight, LOS) ha sido recibida. En una red no basada en MIMO, como son las redes 802.11a/b/g, las señales multiruta son percibidas como interferencia que degradan la habilidad del receptor de recobrar el mensaje en la señal. MIMO utiliza la diversidad de las señales multirutas para incrementar la habilidad de un receptor de recobrar los mensajes de la señal.

Otra habilidad que provee MIMO es el Multiplexado de División Espacial (SDM). SDM multiplexa espacialmente múltiples flujos de datos independientes, transferidos simultáneamente con un canal espectral de ancho de banda. SDM puede incrementar significativamente las prestaciones de la transmisión con el número de flujos espaciales. Cada flujo espacial requiere una antena discreta tanto en el transmisor como el receptor. Además, la tecnología MIMO requiere una cadena de radio frecuencia separada y un convertidor de analógico a digital para cada antena MIMO lo cual incrementa el costo de implantación

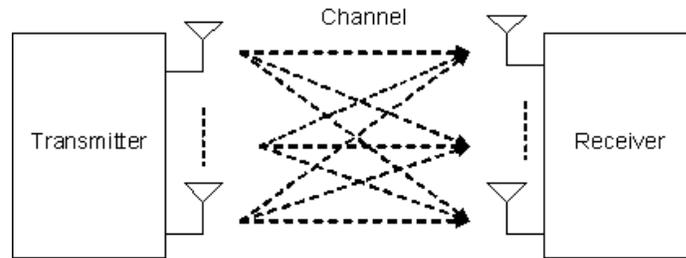


Figura 2.5: Esquema de un sistema MIMO

comparado con sistemas sin MIMO.

Channel Bonding, también conocido como 40 MHz o unión de interfaces de red, es la segunda tecnología incorporada al estándar 802.11n la cual puede utilizar dos canales separados, que no se solapan, para transmitir datos simultáneamente. La unión de interfaces de red incrementa la cantidad de datos que pueden ser transmitidos. Se utilizan dos bandas adyacentes de 20 MHz cada una, por eso el nombre de 40 MHz. Esto permite doblar la velocidad de la capa física disponible en un solo canal de 20 MHz. (Aunque las prestaciones ofrecidas al usuario no serán el doble.)

Utilizar conjuntamente una arquitectura MIMO con canales de mayor ancho de banda ofrece la oportunidad de crear sistemas muy poderosos y rentables para incrementar la velocidad de transmisión de la capa física.

Una arquitectura MIMO puede usar diferentes canales en la transmisión de datos o la multiplexación espacial por tener las antenas físicamente separadas. Este conjunto de antenas es usado en función de la tecnología dentro de MIMO que se vaya a usar. Principalmente hay tres categorías de tecnología MIMO:

Beamforming : Consiste en la formación de una onda de señal reforzada mediante el desfase en distintas antenas. Sus principales ventajas son una mayor ganancia de señal

además de una menor atenuación con la distancia. Gracias a la ausencia de dispersión el beamforming da lugar a un patrón bien definido pero direccional. En este tipo de transmisiones se hace necesario el uso de dominios de beamforming, sobre todo en el caso de múltiples antenas de transmisión. Hay que tener en cuenta que el beamforming requiere el conocimiento previo del canal a utilizar en el transmisor.

Spatial multiplexing(multiplexación espacial) : Consiste en la multiplexación de una señal de mayor ancho de banda en señales de menor ancho de banda iguales transmitidas desde distintas antenas. Si estas señales llegan con la suficiente separación en el tiempo al receptor este es capaz de distinguir las creando así múltiples canales en anchos de banda mínimos. Esta es una muy buena técnica para aumentar la tasa de transmisión, sobre todo en entornos hostiles a nivel de relación señal ruido. Únicamente está limitado por el número de antenas disponibles tanto en receptor como en transmisor. No requiere el conocimiento previo del canal en el transmisor o receptor. Para este tipo de transmisiones es obligatoria una configuración de antenas MIMO.

Diversidad de código : Son una serie de técnicas que se emplean en medios en los que por alguna razón solo se puede emplear un único canal, codificando la transmisión mediante espaciado en el tiempo y la diversidad de señales disponibles dando lugar al código espacio-tiempo. La emisión desde varias antenas basándose en principios de ortogonalidad es aprovechada para aumentar la diversidad de la señal.

La multiplexación espacial puede ser combinada con el Beamforming cuando el canal es conocido en el transmisor o combinado con la diversidad de código cuando no es así. La distancia física entre las antenas ha de ser grande en la estación base para así permitir múltiples longitudes de onda. El espaciado de las antenas en el receptor tiene que ser de al menos 0,3 veces la longitud de onda para poder distinguir las señales con claridad.

Además de esto está prevista su utilización en los llamados terminales de 4G, los cuales han sido ya probados experimentalmente con éxito logrando tasas de transferencia

de hasta 100 Mbit/s a una distancia de 200 m.

2.5. Capa física de la norma IEEE 802.15 (Bluetooth)

En 1994, la empresa de teléfonos móviles Ericsson se interesó en conectar sus móviles y demás dispositivos (PDAs, etc.) sin necesidad de cables. Junto con IBM, Intel, Toshiba y Nokia formaron un consorcio para desarrollar un estándar inalámbrico para interconectar computadores, dispositivos de comunicaciones y accesorios a través de radio de bajo consumo de energía, económica y de corto alcance. Al proyecto se le denominó **Bluetooth** en honor de Harald Blaatand (Bluetooth II), un rey vikingo que unificó Dinamarca y Noruega. Aunque en principio la idea era sólo eliminar los cables entre dispositivos, su alcance también se expandió a las LAN inalámbricas. En 1999 se emitió un estándar completo, de la capa física a la de aplicación.

Posteriormente el IEEE estandarizó en el IEEE 802.15 las capas física y de enlace de datos del documento bluetooth.

La unidad básica de un sistema Bluetooth es una **piconet**, que consta de un nodo maestro y hasta 7 nodos esclavos activos a una distancia de hasta **10 metros**. En una misma sala grande pueden encontrarse varias piconets y se pueden conectar mediante un nodo puente, tal como muestra la figura 2.6. Un conjunto de piconets interconectadas se denomina **scatternet**.

Además de los 7 esclavos activos de una piconet, puede haber hasta 255 nodos **estacionados** en la red. Estos son dispositivos que el nodo maestro ha cambiado a un estado de bajo consumo para no gastar sus pilas. Lo único que un esclavo estacionado puede hacer es responder a la señal de activación por parte del maestro. Además hay otros 2 estados, **hold** y **sniff**.

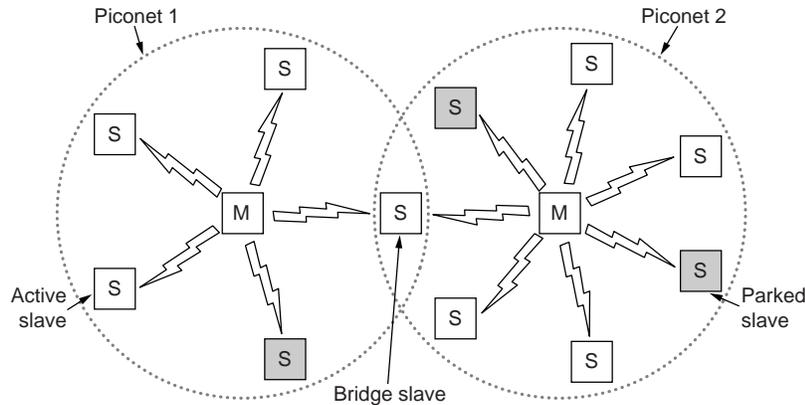


Figura 2.6: *Arquitectura Bluetooth*

Los dispositivos esclavos son pasivos y hacen lo que los maestros les indican. Una piconet es un sistema TDM centralizado, donde el maestro controla el reloj y determina qué dispositivo se comunica en cada momento. Todas las comunicaciones se realizan entre el maestro y el esclavo. No hay comunicación directa entre esclavos.

La especificación Bluetooth V1.1, al contrario que el resto de estándares, determina 13 aplicaciones en particular y proporciona pila de protocolos para cada una. La Figura 2.7 describe estas aplicaciones.

Los 2 primeros servicios son genéricos, cuya tarea es establecer y mantener enlaces seguros entre maestro y esclavos. Se espera que cualquier dispositivo Bluetooth implemente estos perfiles.

La arquitectura de protocolos 802.15 es un tanto peculiar, porque no sigue ni el modelo OSI ni el TCP/IP. Esta arquitectura se muestra en la Figura 2.8

La capa inferior es la de radio, equivalente a la capa física, y se ocupa de la transmisión y modulación de radio. La capa de banda base se encarga de la manera en la que el maestro controla el tiempo y cómo agrupa ranuras de tiempo en tramas.

Name	Description
Generic access	Procedures for link management
Service discovery	Protocol for discovering offered services
Serial port	Replacement for a serial port cable
Generic object exchange	Defines client-server relationship for object movement
LAN access	Protocol between a mobile computer and a fixed LAN
Dial-up networking	Allows a notebook computer to call via a mobile phone
Fax	Allows a mobile fax machine to talk to a mobile phone
Cordless telephony	Connects a handset and its local base station
Intercom	Digital walkie-talkie
Headset	Allows hands-free voice communication
Object push	Provides a way to exchange simple objects
File transfer	Provides a more general file transfer facility
Synchronization	Permits a PDA to synchronize with another computer

Figura 2.7: Aplicaciones Bluetooth

La capa de radio traslada los bits del maestro al esclavo o viceversa. Es un sistema de baja potencia, con un alcance de 10 metros, que opera en la banda de 2,4 GHz. La banda se divide en 79 canales de 1 MHz cada uno. Utiliza modulación por desplazamiento en frecuencia, con 1 bit por Hz, lo que da una velocidad de transmisión de 1 Mbps. Para asignar los canales de manera equilibrada, el espectro de saltos de frecuencia se utiliza a 1600 saltos por segundo y con un tiempo de permanencia de 625 microsegundos. Todos los nodos de una piconet saltan de manera simultánea y el maestro es el que establece la

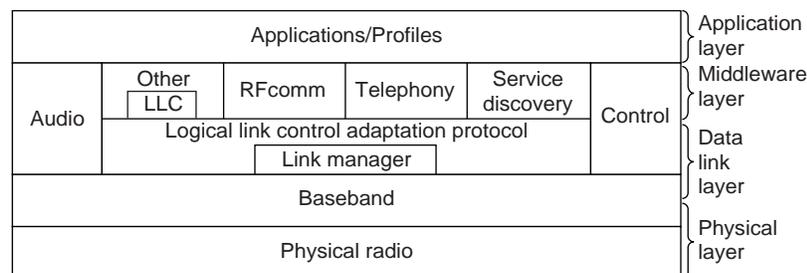


Figura 2.8: Arquitectura de protocolos Bluetooth

secuencia de salto.

Como bluetooth y la 802.11 opera en la banda de 2,4 GHz, interfieren entre sí. Como Bluetooth salta más rápido que la 802.11, es más probable que un dispositivo Bluetooth dañe las transmisiones de la 802.11.

3 EJERCICIOS

1. Escribir el tren de bits que circulará por una línea de transmisión serie que une una terminal con un computador cuando el usuario de la terminal teclea la palabra "JUANMA", en el caso de que el sistema utilice transmisión asíncrona con 7 bits de datos, paridad impar, 1 bit de stop, y que los intervalos de tiempo que tarda el usuario en teclear los caracteres equivalen a:

- a) 52 microsegundos entre la "J" y la "U"
- b) 156 microsegundos entre "U" y "A".
- c) 112 microsegundos entre "A" y "N".
- d) 82 microsegundos entre "N" y "M".
- e) 300 microsegundos entre "M" y la "A" final.

Suponer que que el reloj maestro tiene una frecuencia de 19230.769 Hz. Podría realizarse la transmisión de forma síncrona? Escribir el tren de bits resultante en el caso de transmisión síncrona.

2. Utilizando los registros descritos en la sección ??, escribir un programa en C que controle mediante muestreo los registros apropiados del puerto serie

RS-232. Este programa deber?conseguir una transmisión full-duplex, de tal forma que cuando en un computador se apriete una tecla, el caracter correspondiente salga impreso en la pantalla del computador remoto. Suponer para ello que ambos computadores está conectados entre s?mediante un cable RS-232 que realiza una conexi? null-modem.

3. Repetir el ejercicio anterior suponiendo que el control de los registros de la UART se realiza mediante interrupciones. Realizar la rutina de servicio de la interrupción que genera la UART 8250 para que se realicen las mismas funciones que en el ejercicio anterior .
4. Modificar el programa del segundo ejercicio para que realice también funciones de control de flujo, mediante el protocolo XON/XOFF, de la siguiente forma: cuando en el computador A el usuario apriete la tecla “q” (ASCII 71H) entonces se enviar?por la línea serie el caracter XOFF al computador B, y cuando se apriete la tecla “a” (ASCII 16H) se enviar?el caracter XOFF al computador B. En el computador B, desde que llegue el caracter XOFF y hasta que le llegue el XON, cada vez que el usuario apriete una tecla no se enviar?el caracter por el puerto serie, sino que se escribir?en la propia pantalla de B el mensaje “PROTOCOLO XOFF ACTIVADO”. Por supuesto, el computador A realizar?el mismo protocolo.
5. Modificar el ejercicio anterior para que el control de flujo se realice ahora mediante un protocolo hardware, utilizando la señal DTR (que estar?conectada a la señal DSR en el computador remoto).

Bibliografía

- [1] Uyles Black, *“Data Networks: Concepts, Theory and Practice”*, Ed. Prentice-Hall, 1989.
- [2] A. Bonastre, F. Buend? & M. P?ez *“Equipos y Sistemas de transmisión de Datos”*, Servicio de Publicaciones U.P.V., 1994. SPUPV 94.772.
- [3] William Stallings, *“Comunicaciones y redes de computadores”*, Ed. Prentice Hall, 5^a ed., 1997.
- [4] A.C. Castro Lechtaler, R. J. Fusario,, *“Teleinformática para Ingenieros en Sistemas de Información”*, Ed. Reverté, 2a. ed, 1999.
- [5] Wayne Tomasi, *“Advanced electronic Communication Systems”*, Ed. Prentice Hall, 2^a ed., 1996.