

TEMA 63

FUNCIONES Y SERVICIOS DEL NIVEL FÍSICO. TIPOS Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN. ADAPTACIÓN AL MEDIO DE TRANSMISIÓN. LIMITACIONES A LA TRANSMISIÓN. ESTÁNDARES

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN
2. FUNCIONES Y SERVICIOS
3. TIPOS DE TRANSMISIÓN
 - 3.1. Comunicaciones digitales y analógicas
 - 3.2. Transmisión serie y paralelo
 - 3.3. Transmisiones síncronas y asíncronas
 - 3.4. Simplex, half-duplex y full-duplex
4. MEDIOS DE TRANSMISIÓN
 - 4.1. Cables eléctricos
 - 4.2. Cables de fibra óptica
 - 4.3. Enlaces ópticos al aire libre
 - 4.4. Enlaces de radio y microondas
 - 4.5. Comunicaciones vía satélite
5. ADAPTACIÓN AL MEDIO
6. LIMITACIONES EN LA TRANSMISIÓN
 - 6.1. Atenuación
 - 6.2. Distorsión de retardo de grupo
 - 6.3. Ruido
7. ESTÁNDARES DE INTERFACES
 - 7.1. Visión general
 - 7.2. RS-232-C
 - 7.3. IEEE 488 (IEC 625)
8. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCIÓN AL NIVEL FÍSICO

El nivel físico proporciona los medios mecánicos, eléctricos, funcionales y procedimentales para activar, mantener y desactivar conexiones físicas para la transmisión de bits entre entidades de enlace de datos.

Se trata de asegurar que cuando se envía un bit "1" se reciba un "1" y no un "0".

Las entidades del nivel físico están interconectadas por el medio físico.

El tipo de problemas que se abordan en este nivel son los voltajes que se emplean para representar un "0" y un "1", el inicio y el fin de la conexión, etc.

La conexión física puede ser **punto-a-punto** o **multipunto**. En este último caso, cuando hay varios puntos extremos de conexión física, el nivel físico ha de proporcionar a las entidades de enlace de datos los medios para identificar el punto extremo al que está ligado la entidad de datos correspondiente.

La conexión física puede operar en modo **duplex** o **semiduplex**. Sea cual fuere la forma de transmisión, serie o paralela, el nivel físico ha de garantizar que los bits se envíen en el mismo orden en que fueron ofrecidos por la entidad de enlace de datos para su transmisión.

Una conexión física puede estar formada por la concatenación de varios circuitos de datos. Tal es el caso de la conmutación de circuitos de la red telefónica. Una vez establecido un circuito conmutado, este se comporta como una conexión física, lo cual significa que los puntos de conmutación en los sistemas intermedios no son visibles en los niveles superiores al físico.

2. SERVICIOS Y FUNCIONES DEL NIVEL FÍSICO

Los **servicios** que proporciona el nivel físico son los siguientes:

- Conexiones físicas.
- Unidades de datos de servicio físico (PSDU).
- Puntos extremos de conexión física.
- Identificación del circuito de datos.
- Secuenciamiento.
- Notificación de condición de fallo.
- Parámetros de calidad de servicio (QOS).

Las **funciones** básicas que realiza nivel físico son:

- Activación y desactivación de la conexión física.
- Transmisión de unidades de datos de servicio físico.
- Gestión del nivel físico.

3. TIPOS DE TRANSMISIÓN

3.1. COMUNICACIONES DIGITALES Y ANALÓGICAS

Los primeros portadores empleados en telecomunicaciones transportaban la información en forma de corriente que “magnetizaba” o “desmagnetizaba”, alternativamente, un solenoide en el extremo distante. La velocidad de transmisión era extremadamente baja, alrededor de 1 bit/s. Más tarde los sistemas telefónicos dispusieron de un ancho de banda suficientemente amplio como para transportar la voz humana de forma inteligible, y en la actualidad las redes telefónicas transmiten señales analógicas en un rango de frecuencias de 300 Hz a 3,3 o 3,4 KHz.

Si los pulsos digitales se transmiten a través de una red telefónica de carácter analógico, se obtiene una versión muy atenuada y distorsionada de la señal en el extremo distante, dado que las frecuencias altas y bajas que forman parte de la onda cuadrada que representa el pulso de la señal digital no pueden ser transmitidas por el limitado ancho de banda disponible.

Existen muchas **ventajas** si se transmiten los **datos en forma digital**. Entre éstas se incluyen:

- a) Los circuitos digitales correctamente diseñados son menos sensibles a sufrir distorsiones o interferencias.
- b) Las señales digitales pueden regenerarse para ampliar la longitud del enlace sin acumular ruido o distorsiones adicionales, como sucedería en el caso de los repetidores analógicos.
- c) La posibilidad de lograr tasas de error muy bajas en los circuitos digitales.
- d) Funciones complejas, como la multiplexación estadística y la conmutación digital pueden implementarse de forma económica en los sistemas digitales, dado que estas señales no necesitan emplear módems de alto precio para pasar la señal a su forma digital antes de tratarla.
- e) Las técnicas de multiplexación digital son mucho más sencillas que sus equivalentes analógicas de multiplexación por división de frecuencia.
- f) Los circuitos y componentes digitales son mucho más baratos y fiables que los analógicos.
- g) Es posible integrar y transmitir de manera conjunta varias señales digitales, como voz digitalizada, señales de televisión digitalizadas y fax.

3.2. TRANSMISIÓN EN SERIE Y TRANSMISIÓN EN PARALELO

Las comunicaciones que tienen lugar dentro de un ordenador suelen usar sistemas de transmisión en **paralelo** con capacidad de 8, 16, 32 o 64 bits, simultáneamente. Los buses de datos en paralelo, o simplemente buses de datos, se utilizan para conseguir velocidades de transmisión mucho más elevadas allí donde los costes de los cables son significativos. En las interfaces en paralelo se asigna una función concreta a cada una de las líneas, mientras que las interfaces en **serie** deben transmitir datos, señales de control e información de sincronización multiplexados bit a bit según un determinado protocolo de comunicación.

Es frecuente emplear transmisiones de datos en paralelo entre los ordenadores y los discos de almacenamiento de alta velocidad, o entre los ordenadores y las impresoras de alta velocidad, dado que el costo adicional de los cables no es significativo y las velocidades de transmisión necesarias sólo pueden alcanzarse utilizando cables convencionales si se transmiten todos los bits de forma simultánea.

La transmisión en serie conlleva la necesidad de transformar los datos a una forma serie, añadir caracteres de control, incluir los datos en tramas y añadir los elementos requeridos por el protocolo de comunicaciones. Para distancias cortas, la transmisión paralela puede ser más económica, pero a medida que la distancia aumenta, el costo de los conductores adicionales que supone un cable para transmisión en paralelo, comparados con el mismo costo para un cable para transmisión serie, se hace importante.

El costo de una interfaz para una transmisión en paralelo a una distancia significativa resulta prohibitivo a partir de unos cuantos cientos de metros y los retrasos variables que pueden experimentar los datos sobre las distintas líneas provocan dificultades a la hora de garantizar su validez cuando se leen en el extremo distante.

3.3. TRANSMISIONES SÍNCRONAS Y ASÍNCRONAS

- Transmisión asíncrona

Los "n" bits que forman la palabra del código correspondiente, van siempre precedidos de un bit "0" llamado arranque o Start y seguidos de al menos un bit "1" llamado de parada o Stop. El conjunto citado forma un carácter, pudiendo mediar, entre dos consecutivos, cualquier separación.

La transmisión asíncrona, o transmisión arranque-parada, es menos compleja que la transmisión síncrona, dado que la información de sincronización forma parte de cada carácter.

Por esta razón suele emplearse en los terminales baratos que transmiten un único carácter cada vez.

- Transmisión síncrona

La transmisión síncrona no necesita emplear bits de comienzo y final para delimitar cada uno de los caracteres, y por tanto es un 20 por 100 más eficiente que la transmisión asíncrona, pero requiere que se mantenga una sincronización entre el transmisor y el receptor, para delimitar qué grupos de bits constituyen un carácter.

En funcionamiento síncrono, los octetos de datos se transmiten formando una secuencia continua, sin pulsos de arranque o parada. Las señales de reloj empleadas por el receptor debe obtenerlas el módem a partir de las señales transmitidas, o bien a partir de una señal independiente que debe acompañar a los datos desde el transmisor hasta el receptor.

3.4. SIMPLEX, HALF-DUPLEX Y FULL-DUPLEX

La transmisión de datos y mensajes puede tener lugar en uno de los tres modos siguientes:

1. **Simplex** (la transmisión tiene lugar en un solo sentido).
2. **Half-duplex** (HDX) (la transmisión puede tener lugar en ambos sentidos, pero no simultáneamente).
3. **Full-duplex** (FDX) (la transmisión puede tener lugar en ambos sentidos simultáneamente).

La transmisión *full-duplex* necesita generalmente un enlace de datos a cuatro hilos (dos canales) que normalmente será más caro que los enlaces a dos hilos utilizados en transmisiones simplex o half-duplex.

La transmisión *simplex* es apropiada solamente para dispositivos receptores, como impresoras, que nunca transmiten información.

La mayoría de los terminales "tontos" operan en modo *echo-plex* (modo eco), en el que los caracteres que se introducen desde el teclado se envían al ordenador central que los devuelve a la pantalla. Este modo permite verificar la correcta recepción de los caracteres por parte del ordenador remoto, dado que cualquier fallo en la recepción resultará evidente en el terminal, a través de la pantalla o de una impresora.

En modo *half-duplex* los módems situados en cada uno de los extremos del enlace deben alternar entre los modos de transmisión y recepción, para poder recibir después de cada transmisión, al recibir una señal de control de "petición de permiso para enviar" (*Request To Send*, RTS) desde el ordenador o terminal.

4. MEDIOS DE TRANSMISIÓN

El protagonista principal en cualquier comunicación de datos es el medio de transmisión sobre el que ésta tiene lugar. El costo de una comunicación de larga distancia puede atribuirse en su mayor parte a los medios de comunicación, mientras que en el caso de comunicaciones a cortas distancias el peso fundamental de los costos recae sobre los equipos de comunicaciones.

4.1. CABLES ELÉCTRICOS

Pares trenzados

Un par trenzado está formado por un par de hilos conductores aislados entre sí y del medio exterior, que se trenzan para evitar que se separen físicamente, y, lo que es más importante, para conseguir una impedancia característica bien definida.

Al trenzar los cables, se incrementa la inmunidad del cable frente a las interferencias electromagnéticas, dado que el acoplamiento entre ambos cables es mayor, de modo que las interferencias afectan a ambos cables de forma más parecida.

Los cables de pares trenzados se usan frecuentemente para conectar a los abonados del servicio telefónico a sus respectivas centrales locales, siendo la principal razón para su uso el reducido costo de este tipo de cables y sus bien definidas características.

Los pares trenzados pueden utilizarse para transmitir datos en banda base a velocidades de varios Mbits/s a distancias de 1 Km o más, pero a medida que la velocidad de transmisión aumenta, la distancia máxima admisible disminuye.

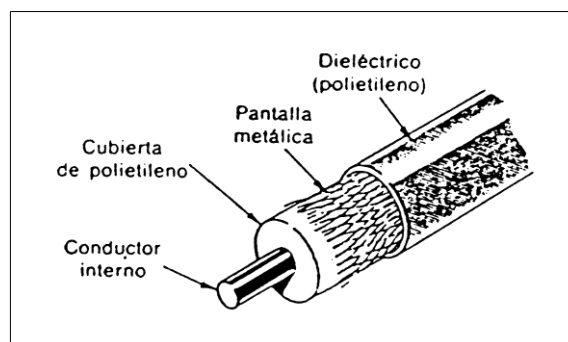
Cables de pares apantallados

Cuando se necesitan varios pares de cables es frecuente agruparlos en un único cable de pares con un blindaje global para reducir el efecto de las interferencias debidas a fuentes externas, como tubos fluorescentes o cables de alta tensión.

Los cables de pares son muy caros y no son flexibles, con lo que su instalación resulta difícil. También es difícil detectar las causas que pueden provocar un corte o un circuito abierto en uno de los pares. Un solo par defectuoso puede obligar a reemplazar todo el cable. Cada uno de los pares de un cable de pares debe estar identificado mediante una etiqueta o un código de colores.

Cables coaxiales

Los cables coaxiales están formados por dos conductores, uno interior y otro exterior, que puede ser una malla trenzada o un conductor sólido, separados por una capa de dieléctrico, como polietileno.



Estructura típica de un cable coaxial

Los cables coaxiales se utilizan para transmisión de datos a alta velocidad a distancias de varios kilómetros. Las señales eléctricas en banda base se pueden transmitir por medio de cables coaxiales a velocidades de hasta 10 Mbits/s a distancias de hasta 1 Km, pero pueden lograrse anchos de banda y distancias de transmisión mucho mayores si se usan técnicas de modulación en banda ancha.

Pueden transmitirse muchas señales simultáneas utilizando varias frecuencias portadoras suficientemente separadas entre sí como para prevenir efectos de intermodulación.

Muchos cables coaxiales pequeños son baratos dado que se producen en grandes volúmenes para aplicaciones como la televisión doméstica, pero los cables coaxiales de bajo nivel de pérdidas, o los cables de banda base, son mucho más caros, además de más grandes y menos flexibles.

4.2. CABLES DE FIBRA ÓPTICA

Los cables de fibra óptica tienen muchas aplicaciones en el campo de las comunicaciones de datos:

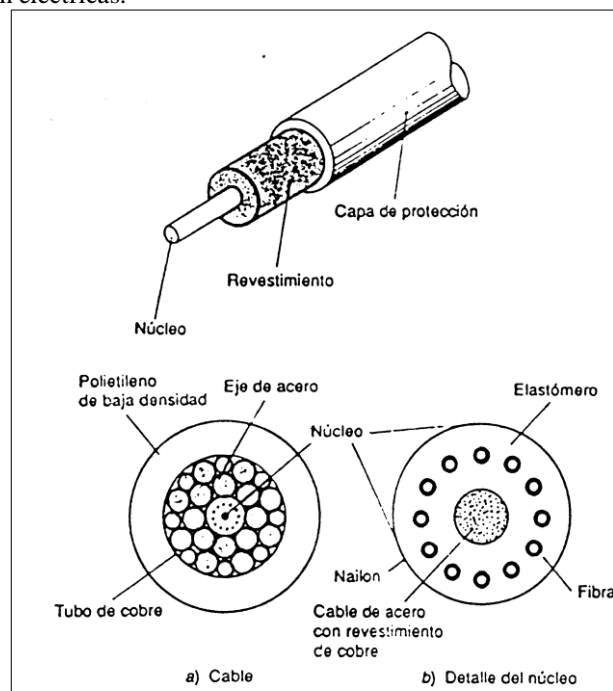
- a) Conexiones locales entre ordenadores y periféricos o equipos de control y medición.
- b) Interconexión de ordenadores y terminales mediante enlaces dedicados de fibra óptica, enlaces multiplexados de fibra óptica o redes de área local de fibra óptica.
- c) Enlaces de fibra óptica de larga distancia y gran capacidad.

En 1954, Van Heel, Hopkins y Kapany publicaron un conjunto de artículos demostrando que podía aplicarse una capa de un material refringente sobre un tubo de plástico o de vidrio, a fin de transmitir imágenes. La primera demostración de transmisión de datos mediante un cable de fibra óptica de bajo nivel de pérdidas tuvo lugar en la fábrica Corning, en Estados Unidos.

Durante la última década de los 70 y a principios de los 80, se logró reducir la atenuación de los cables de fibra óptica de 20 dB por kilómetro a 1 dB por kilómetro empleando silicio puro.

Los cables de fibra óptica ofrecen muchas **ventajas** frente a los cables eléctricos para transmitir datos:

- a) **Mayor velocidad de transmisión.** Las señales recorren los cables de fibra óptica a la velocidad de la luz ($c = 3 \times 10^9$ m/s), mientras que las señales eléctricas recorren los cables a una velocidad entre el 50 y el 80 por 100 de ésta, según el tipo de cable.
- b) **Mayor capacidad de transmisión.** Pueden lograrse velocidades por encima de 1 Gbit/s mediante fibra óptica, mientras que en el caso de pares trenzados esta velocidad es de unos 10 Mbits/s, 30 Mbits/s para las transmisiones en banda base mediante cables coaxiales, y 400 Mbits/s para las transmisiones en banda ancha mediante cables coaxiales.
- c) **Inmunidad total ante las interferencias electromagnéticas.** La fibra óptica no produce ningún tipo de interferencia electromagnética y no se ve afectada por rayos o por los pulsos electromagnéticos nucleares (NEMP) que acompañan a las explosiones nucleares.
- d) **No existen problemas de retorno de tierra, crosstalk o reflexiones,** como sucede en las líneas de transmisión eléctricas.



Cable de fibra óptica

Hay tres **tipos** de cables de fibra óptica:

- Fibra **monomodo**:

El diámetro del núcleo o fibra óptica es sumamente fino. Este tipo de fibra proporciona un alto rendimiento, pero hace que resulte muy difícil la conexión del cable a transmisores y a otros dispositivos.

- Fibra **multimodo**:

Contienen un núcleo de alta resolución dentro de un revestimiento de resolución más baja. Las conexiones a otros dispositivos son más sencillas que con los tipos monomodo.

- Fibra **multimodo de índice gradual**:

Este tipo de fibra varía de densidad y tal variación reduce la dispersión de las señales. Es el tipo de fibra más popular, ya que se utiliza frecuentemente en telecomunicaciones. Tiene un índice de transmisión muy alto, mayor que los tipos anteriores.

4.3. ENLACES ÓPTICOS AL AIRE LIBRE

Un enlace óptico al aire libre es, básicamente, un enlace de fibra óptica en el que se ha sustituido la fibra óptica por el aire. El emisor óptico produce un haz estrecho que se detecta en un sensor que puede estar situado a varios kilómetros en la línea de visión.

Se puede emitir voz o datos sobre enlaces ópticos al aire libre a velocidades de hasta 4 Mbits/s. El límite para comunicaciones fiables se encuentra sobre los 2 km. Para distancias de más de 2 Km, son preferibles los enlaces de microondas.

4.4. ENLACES DE RADIO Y MICROONDAS

Los primeros sistemas de comunicación de datos para terminales móviles se basaban en redes radiofónicas de VHF o UHF utilizando una estación central que empleaba una frecuencia fuera de banda y una frecuencia común para las respuestas de las unidades móviles. Los problemas resultantes de la llegada simultánea de varias llamadas se resolvían en la estación central accediendo a los terminales o por medio de sistemas de detección de colisiones y retransmisión.

Los sistemas celulares de radio están ahora disponibles en muchas áreas. Permiten la transmisión de información digital desde terminales portátiles o desde terminales situados en vehículos móviles hacia cualquier otro abonado del sistema telefónico público.

Los sistemas de radiotelemedría que funcionan en VHF o UHF se emplean para transferir ráfagas de datos desde puntos remotos de medida hacia un centro de proceso único. El costo de las transmisiones de radio es generalmente mucho más bajo que una red de líneas cuando muchos de los puntos de medida están situados en regiones inaccesibles o donde no se dispone de líneas de comunicación.

4.5. COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

Las microondas presentan graves problemas para ser utilizadas en comunicaciones terrestres cuando la frecuencia de la señal supera los 2,5 GHz. Si además se pretenden cubrir grandes distancias entre emisor y receptor, son necesarios elementos amplificadores-repetidores en el camino.

Por otra parte, al aumentar la frecuencia de la señal utilizada esta se hace cada vez más directiva. Si utilizamos como estación amplificadora repetidora un satélite artificial, se estará utilizando un sistema vía satélite. Al salvar los accidentes del terreno, encontrándose los satélites a gran altura, las distancias que pueden ser cubiertas son enormes, generalmente intercontinentales.

Los satélites de comunicaciones se sitúan en la llamada órbita geoestacionaria establecida a 36.000 Km de altura. Debido a que a esa altura la velocidad de rotación de la tierra coincide con la velocidad de desplazamiento del satélite, deja al mismo aparentemente inmóvil en el cielo.

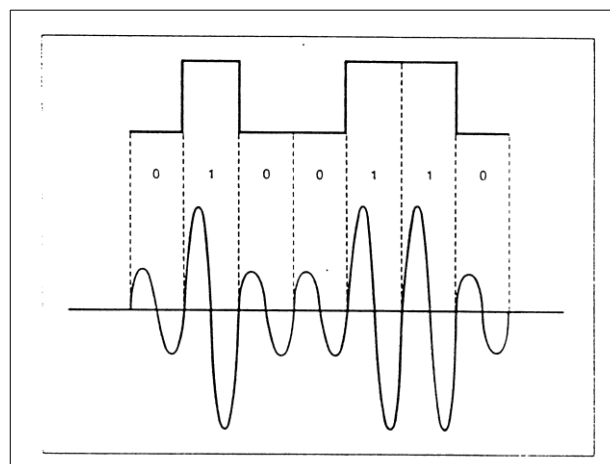
5. ADAPTACIÓN AL MEDIO

Las comunicaciones de datos de larga distancia sobre líneas telefónicas analógicas necesitan utilizar un dispositivo denominado **MODULADOR** o **módem** para transformar las señales digitales en señales analógicas con frecuencias comprendidas en el ancho de banda de las líneas telefónicas.

Los **métodos** que se siguen son los siguientes:

La **modulación en amplitud** (denominada a veces **ASK**, Amplitude Shift Keying) o codificación:

La magnitud de la amplitud de la señal de la portadora va variando entre dos niveles a la misma velocidad que lo hace la señal digital.

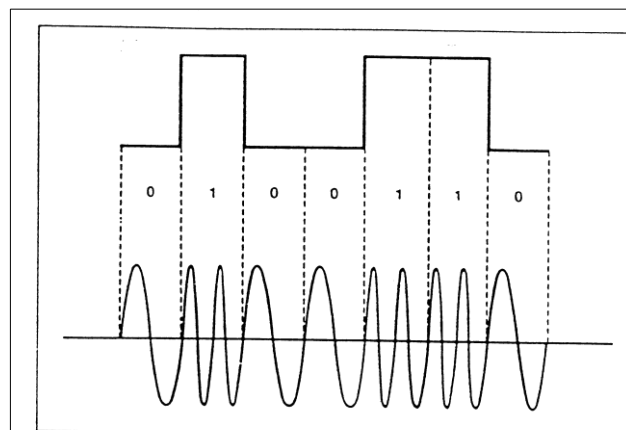


Modulación en amplitud

Las técnicas de modulación en amplitud raramente se usan de forma aislada en los módems, dado que son sensibles al ruido y porque se emplea cierto tiempo en determinar la amplitud de la señal.

Codificación por desplazamiento de frecuencia (**FSK**, Frequency Shift Keying) o **modulación en frecuencia**:

La frecuencia de la portadora varía al mismo ritmo que la señal digital.

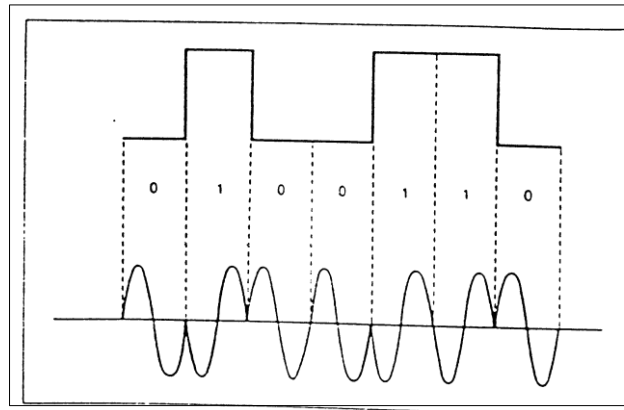


Modulación en frecuencia

Se suele emplear en módems asíncronos de baja velocidad, hasta 1,2 Kbits/s.

Modulación por desplazamientos de fase (**PSK**, Phase Shift Keying) o **modulación en fase**:

Utiliza desplazamientos en la fase de la portadora con respecto a una fase de referencia para transmitir datos binarios. La PSK binaria coherente cambia 180 grados entre dos señales de la portadora para representar un 0 y un 1 binarios.



Modulación en fase

6. LIMITACIONES EN LA TRANSMISIÓN

Existen aspectos de la transmisión que afectan tanto al límite de la velocidad como a la calidad, normalmente evaluada en función del porcentaje de errores.

Entre ellos los más significativos son:

- Atenuación y distorsión de atenuación.
- Distorsión de retardo de grupo.
- Ruido.

6.1. ATENUACIÓN

Toda señal eléctrica, al ser transmitida por un medio físico o por el espacio experimenta una pérdida de potencia. Esta pérdida se denomina pérdida de inserción o atenuación.

Se mide normalmente en decibelios por unidad de distancia.

La atenuación introduce tres *aspectos que deben tenerse en consideración* al diseñar el circuito: *Primero*, la señal recibida debe tener el nivel suficiente para que los circuitos electrónicos del receptor puedan detectar la señal. *Segundo*, debe haber en el receptor un nivel adecuado de relación señal-ruido para garantizar la calidad de transmisión. *Tercero*, la atenuación es una función creciente con la frecuencia.

Para compensar la distorsión de atenuación se utilizan elementos denominados igualadores.

6.2. DISTORSIÓN DE RETARDO DE GRUPO

Es un fenómeno causado por el hecho de que la velocidad de propagación de la señal varía con la frecuencia, lo que tiene como consecuencia una "distorsión" de la señal recibida que se conoce con el nombre distorsión de retardo de grupo o distorsión de fase.

Este fenómeno no tiene trascendencia en las comunicaciones de voz, pues el oído humano no es sensible a las diferencias de retardo. Sin embargo, tiene efectos importantes en la transmisión de datos, particularmente a alta velocidad.

6.3. RUIDO

En toda transmisión, la señal recibida se compone de la señal transmitida, modificada por las diversas distorsiones experimentadas en el sistema de transmisión, y señales adicionales que se agregan en el circuito entre la emisión y la recepción. El conjunto de señales que no procede de la fuente se denomina ruido.

Las señales de ruidos pueden agruparse en las siguientes **categorías**:

- Ruido térmico (también conocido como blanco).
- Ruido de intermodulación.
- Diafonía.
- Ruido impulsivo.

Hay otras fuentes de error que también se denominan "ruido", como el ruido de cuantificación, que realmente son debidas a las inevitables imprecisiones de los sistemas de transmisión.

El **ruido térmico** es debido a la agitación térmica de los electrones en el conductor. Está presente en todos los dispositivos electrónicos y en los medios de transmisión y es función de la temperatura.

El **ruido de intermodulación** es producido por una función de transferencia no lineal en el sistema de transmisión. En un sistema no lineal se producen frecuencias no deseadas, combinaciones de las frecuencias de entrada.

La **diafonía** es producida por el acoplamiento entre vías de transmisión; puede tener lugar en cables de pares, líneas de cable coaxial o bien en las antenas de microondas que captan señales indeseadas.

El **ruido impulsivo** consiste en pulsos irregulares o picos de ruido de corta duración y relativamente gran amplitud. Es producido normalmente por inducciones consecuencia de conmutaciones electromagnéticas.

7. ESTÁNDARES PARA INTERFACES

7.1. VISIÓN GENERAL

Los medios físicos de comunicación y los aspectos físicos del problema de la interconexión fueron los primeros en estandarizarse.

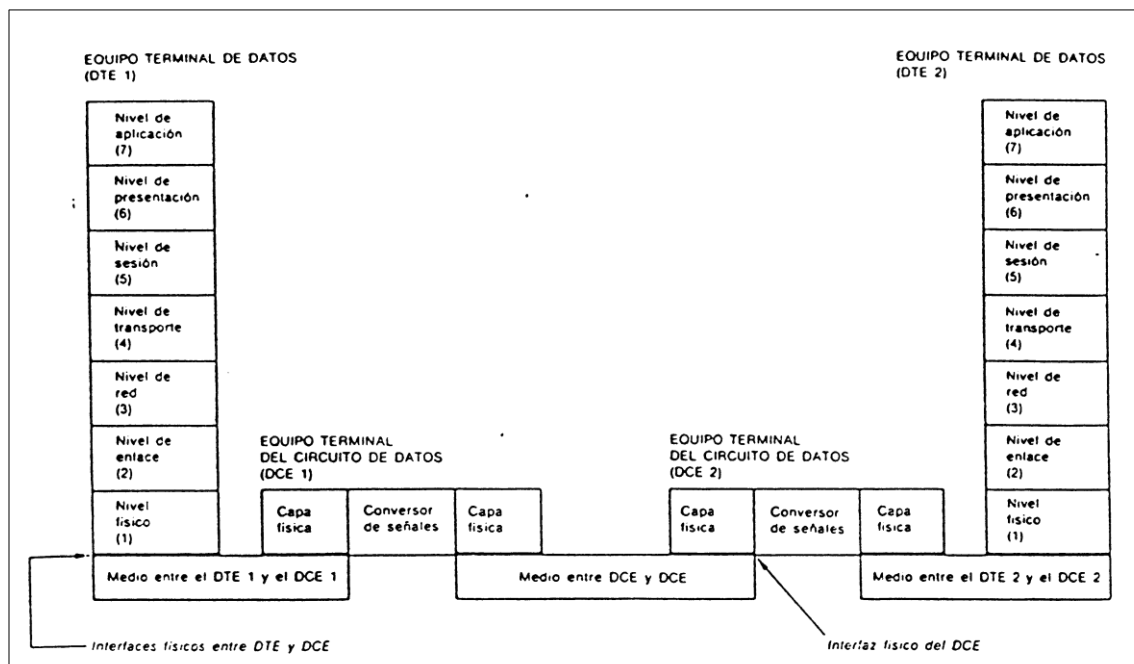
La estandarización a este nivel es esencial en cualquier sistema de comunicaciones, porque sin un acuerdo previo acerca de las características de las señales eléctricas (u ópticas), éstas resultan imposibles. Sin una interfaz física previamente acordada, los fabricantes de equipos de comunicaciones, como módems, no pueden conseguir que éstos funcionen en una gama amplia de ordenadores, y los fabricantes de terminales y equipos terminales serían incapaces de conectar los dispositivos que producen a una gama de ordenadores amplia.

Una **interfaz** se emplea entre entidades de similares (no parejas, non-peer) y supone la transferencia física directa de los datos.

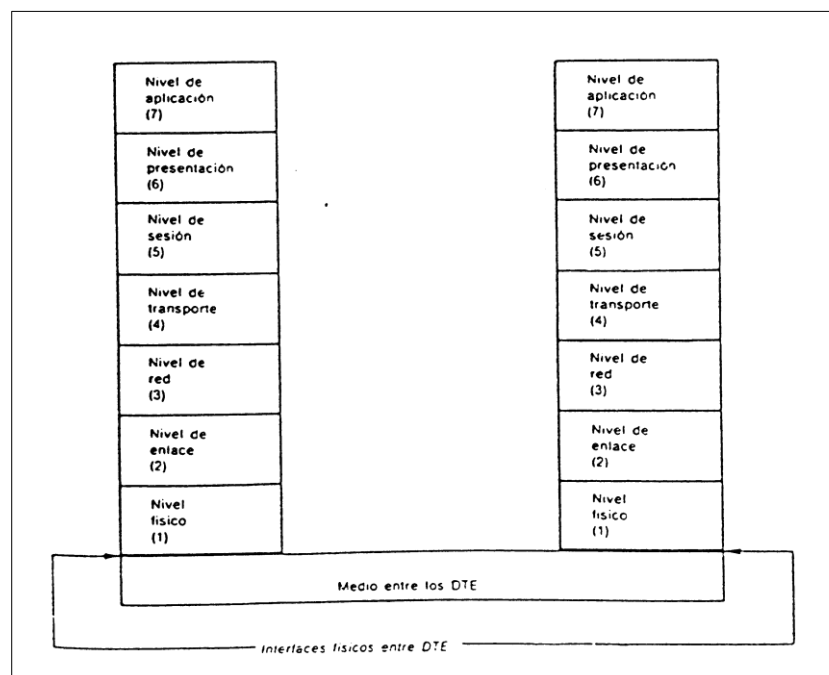
Un **protocolo** se emplea en comunicaciones entre entidades parejas (peer-to-peer) y para transferencias indirectas de datos.

Los **medios de interconexión** proporcionan el camino físico para las señales eléctricas u ópticas, y no se ven afectados por los protocolos de comunicaciones. Debe existir una interfaz previamente acordada que especifique el diseño, las dimensiones y la asignación de patillas en los conectores, además de las tensiones y secuencias de señalización empleadas en la transmisión y control de los datos.

Pueden utilizarse diferentes interfaces entre dos **equipos de terminación del circuito de datos (DCE)** y entre los DCE y el **equipo terminal de datos (DTE)**, como se ve en la figura.



Interfaces en una conexión entre DTE y DTE utilizando DCE



Interfaces en una conexión directa entre dos DTE

La **interfaz física** (capa 1 de OSI) define:

- a) Una **interfaz eléctrica entre el DTE y el DCE**. La interfaz eléctrica entre el medio y el DTE también está sujeto a estandarización y, en algunos casos, no se emplea ningún DCE, utilizándose el medio para conectar directamente los dos DTE.
- b) Los procedimientos necesarios para establecer, mantener y liberar conexión física utilizando el medio de transmisión.
- c) Los medios para transmitir de forma transparente una cadena bits (es decir, verse influido por el contenido de la cadena).
- d) Un medio de controlar los fallos en la ruta de transmisión notificarlo al DTE y/o DCE.

Los estándares para interfaces físicas tienen típicamente cuatro **partes**:

- 1. Especificación mecánica de los cables y los conectores.
- 2. Especificación eléctrica en la que se incluyen los voltajes, impedancias y formas de onda.
- 3. Especificación funcional, incluyendo las asignaciones de las señales las diferentes patillas y la definición de éstas.
- 4. Especificación de procedimiento de control y transferencia de datos.

La interfaz serie más popular que existe, **RS-232**, fue publicada en 1969, 1972 y 1987. Las interfaces serie de más alta prestaciones, RS-422 y RS-423, fueron publicadas en 1975.

El **RS-449**, un estándar funcional y mecánico de propósito general que incorpora a RS-422 y RS-423, fue publicado en 1977.

La idea era sustituir al **RS-232-C**, la interfaz estándar más común entre un DCE y un DTE.

El estándar del CCITT **X.21** es una interfaz de propósito general entre un DCE y un DTE definida para un funcionamiento síncrono en redes públicas de datos. El estándar **X.21 bis** especifica un conjunto de interfaces que pueden usarse como alternativos al X.21, estos son la **V.24** (que junto con la V.28 es equivalente al RS-232-C) y para circuitos de más alta velocidad, la **CCITT V.35**.

Para conectar dispositivos asíncronos a una red de conmutación de paquetes a través de un PAD (Packet Assembler/Disassembler, ensamblador/desensamblador de paquetes) se han definido los **estándares CCITT**:

- 1. **X.3**, que define los parámetros del PAD.
- 2. **X.28**, que define la interfaz entre el PAD y el terminal.
- 3. **X.29**, que define los procedimientos de comunicación entre el PAD y un DTE de conmutación de paquetes a través de la red.

Las interfaces de alta velocidad para conectar periféricos suelen ser paralelas a fin de mantener la velocidad de cambio de las señales dentro de los límites impuestos por la circuitería y los cables de bajo coste empleados.

Existe una amplia variedad de interfaces paralelas para impresoras y unidades de disco, pero hasta 1978 no se dispuso de una interfaz paralela abierta de propósito general adecuada a los ordenadores.

La interfaz paralela **IEEE 488** se publicó en 1978, desarrollada a partir del bus de propósito general para instrumentación de Hewlett-Packard (GPIB, General Purpose Instrument Bus).

7.2. RS-232-C

La RS-232-C fue publicada por la American Electronic Industries Association (EIA) para estandarizar las interfaces entre los equipos terminales de datos y los equipos terminales del circuito de datos que intercambian datos binarios en serie.

El medio de interconexión y la interfaz física están definidos en cuatro **secciones principales**:

La **sección 2** define las señales eléctricas.

La **sección 3** define las características mecánicas de la interfaz.

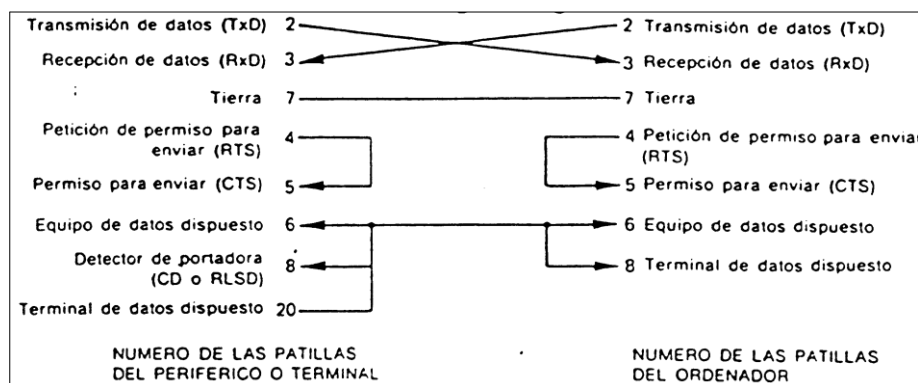
La **sección 4** proporciona una descripción funcional de los circuitos de la interfaz. La

sección 5 define las interfaces estándar para algunas configuraciones de equipos.

El equivalente del CCITT para la RS-232-C es la **V.24**, que define las características mecánicas y funcionales de los circuitos de interfaz, y la **V.28**, que define las características eléctricas de las señales.

Cuando es necesario conectar directamente un ordenador a un terminal sin hacer uso de un módem, la definición normal de las señales ya no es aplicable, puesto que tanto el terminal como el ordenador son DTE y los dos transmiten por la patilla 2 y reciben por la 3.

Para solucionar este problema, se puede utilizar un equipo supresor de módem. Un método mucho más barato y muchísimo más frecuente consiste en utilizar un cable supresor de módem (también denominado **cable null-modem**) en el que se realizan varias transposiciones entre los circuitos, como se ilustra en la figura siguiente:



Cable RS-232-C para conectar un ordenador a un periférico a otro ordenador

Cuando se conecta un terminal o un ordenador a un módem, es necesario que todas las patillas utilizadas estén conectadas a las equivalentes situadas al otro extremo del cable.

La interfaz eléctrica utiliza circuitos no equilibrados, todos relacionados con una señal de tierra. Una tensión positiva entre 3 y 25 voltios se interpreta como "circuito activo" en los circuitos de control y como un 0 (espacio) en los circuitos de datos. Una tensión negativa entre -3 y -25 V se interpreta como "circuito inactivo" en los circuitos de control y como un 1 (marca) en los circuitos de datos.

El estándar se basa en lógica de transistores discretos, en lugar de en circuitos integrados, y sus prestaciones no alcanzan a las de los estándares actuales.

La máxima velocidad de transferencia es de 20 Kbits/s y la máxima longitud especificada para los cables es de 50 pies (15 m para la V.24 y V.28). En la práctica se pueden exceder estos límites utilizando cables de baja capacidad en entornos eléctricamente poco ruidosos.

La RS-232-C es adecuada únicamente para interfaces punto a punto, aunque el DCE puede soportar funcionamiento multipunto.

7.3. IEEE 488 (IEC 625)

El IEEE 488 es la primera interfaz paralela de propósito general sujeta a estándares internacionales.

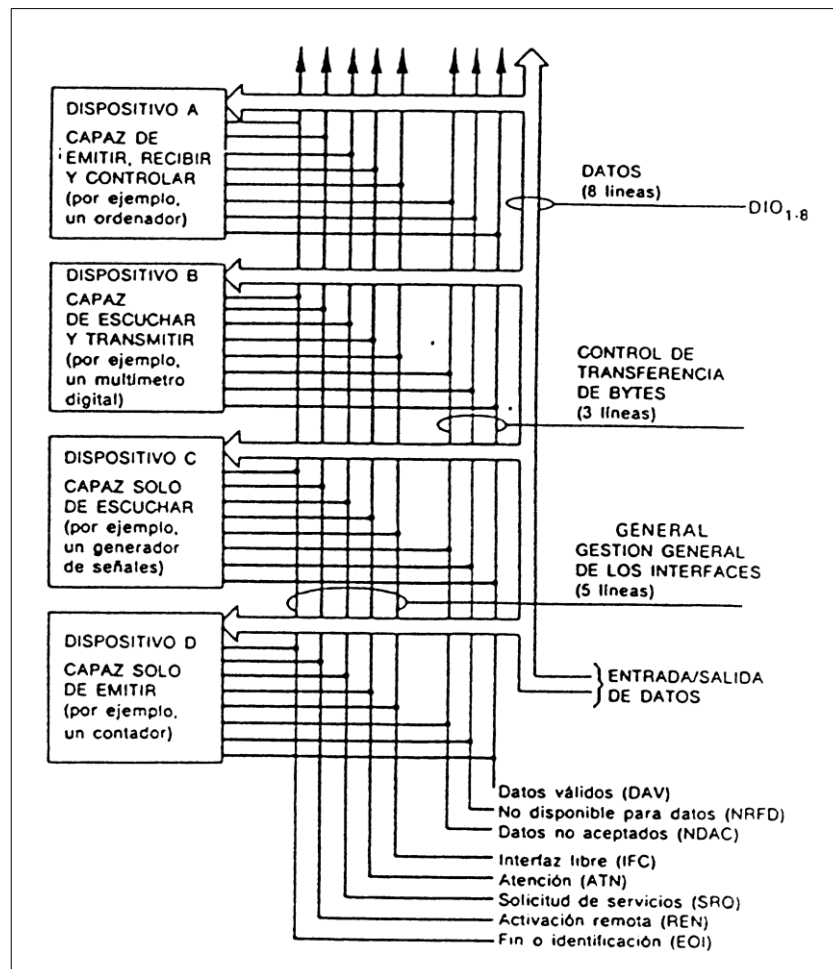
Hewlett-Packard sometió su estándar HP-IB al American Institute of Electrical and Electronical Engineers y en 1975 fue aprobado como **IEEE 488-1975** (el estándar IEEE 488 define la interfaz digital para instrumentación programable). El estándar fue revisado en 1978 para posibilitar el uso de tecnología Schottky en controladores y receptores.

El estándar IEEE 488 define las características mecánicas, eléctricas y funcionales, independientemente del dispositivo que debe cumplir un aparato para poder ser conectado y comunicarse de forma perfectamente definida.

El IEEE 488 dispone de dos grupos de líneas de datos; ocho líneas se emplean para transferencia de datos (DIO₁ a DIO₈) y otras ocho para control. Se emplean ocho líneas adicionales para retornos de tierra y blindaje.

Pueden conectarse hasta 15 dispositivos a un bus IEEE 488 y las transferencias de datos pueden tener lugar a velocidades de hasta 1 Mbyte/s a una distancia máxima de 20 m.

Los cables del bus unen los dispositivos en una cadena de margarita (daisy chain) utilizando normalmente cables de 2 m.



8. BIBLIOGRAFÍA

Tanenbaum, Andrew S.
Redes de ordenadores
Prentice Hall, 2ª edición, 1993

Félix Rabago, José
Redes locales
PC Magazine, 1994