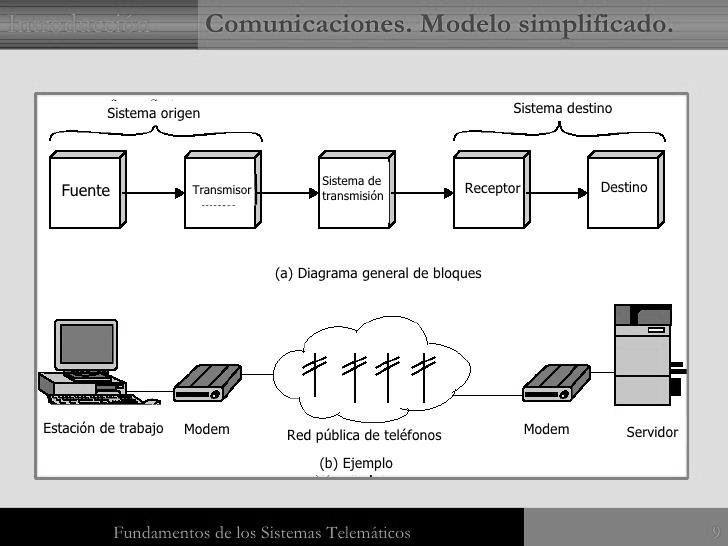
**Capítulo 1: Comunicación de datos y redes**

El objetivo principal de todo sistema de comunicaciones es intercambiar información entre dos entidades.



**Fuente**: es el dispositivo que genera los datos a transmitir.

**Transmisor**: transforma y codifica la información, generando señales electromagnéticas.

**Sistema** **de** **Transmisión**: Puede ser desde una sencilla línea de transmisión hasta una compleja red que conecte a la fuente con el destino.

**Receptor**: acepta las señales provenientes del sistema de transmisión y la transforma de tal manera que pueda ser manejada por el dispositivo destino.

**Destino**: toma los datos del receptor.

Aunque el modelo presentado pueda parecer sencillo, implica una gran complejidad y se podría añadir tareas:

* **Utilización del sistema de transmisión**: se refiere a la necesidad de hacer uso eficaz de los recursos utilizados en la transmisión.
* **Interfaz**: permite que un dispositivo pueda transmitir información a través de ella, por el medio de transmisión.
* **Generación de la señal**: las características de la señal deben ser tales que permitan que la señal se propague a través de medio de transmisión y se interprete en el receptor como datos.
* **Sincronizar**: las señales deben permitir sincronizar al receptor y al emisor. El receptor debe ser capaz de determinar cuándo comienza y cuando acaba la señal recibida. Al igual que el emisor.
* **Gestión del intercambio**: si se necesitan intercambiar datos durante un período de tiempo, las dos partes deben cooperar.
* **Detección y corrección de errores**: En todos los sistemas de comunicación es posible que aparezcan errores, ya que la señal transmitida se distorsiona siempre antes de alcanzar el destino, por eso se necesitan procedimientos de detección y corrección de errores.
* **Control de flujo**: se necesita para evitar que la fuente no sature el destino transmitiendo datos más rápidamente de lo que el receptor pueda procesar.
* **Direccionamiento**: cuando cierto recurso se comparte con más de dos dispositivos, el sistema fuente deberá indicar la identidad del destino (garantizar que reciba los datos).
* **Recuperación**: cuando se interrumpe la comunicación, tiene como objetivo ser capaz de continuar transmitiendo desde donde se produjo la interrupción.
* **Formato de mensaje**: es el acuerdo que debe existir entre la fuente y el destino para intercambiar los datos adecuadamente.
* **Seguridad y gestión de red:** para configurar el sistema, monitorizar su estado, reaccionar ante fallos y sobrecargas, y planificar crecimientos futuros.

**Redes de transmisión de datos**

A veces no es práctico que dos dispositivos de comunicación se conecten directamente mediante un enlace de punto a punto. Eso se debe a que: a) los dispositivos están muy alejados, o b) hay un conjunto de dispositivos que necesitan conectarse entre ellos en instantes de tiempo diferentes.

La solución a éste problema es conectar cada dispositivo a una red de comunicación; se clasifican en dos grandes categorías, las WAN y las LAN:

* **Redes de área amplia (WAN)**: Redes que cubren una extensa área geográfica. Requieren atravesar rutas de acceso público y utilizan circuitos proporcionados por una entidad proveedora de servicios de telecomunicación.

Consiste en una serie de dispositivos de conmutación interconectados. Puede ser:

* + Conmutación de circuitos: para interconectar dos estaciones se establece un camino a través de la red, una secuencia conectada de enlaces físicos entre nodos por el que se van a transmitir los datos.
  + Conmutación por paquetes: los datos se envían en secuencias de paquetes. Cada paquete se pasa completo de nodo a nodo en la red siguiendo algún camino. En cada nodo el paquete se amacena durante un breve intervalo y luego se transmite al siguiente nodo.
* **Redes de área local (LAN)**: Red de cobertura pequeña (como mucho dos edificios) que interconecta varios dispositivos que generalmente son propiedad de la misma red.
* Diferencias entre redes LAN y WAN:
  + La cobertura LAN es pequeña.
  + Es habitual que la LAN sea propiedad de la misma entidad propietaria de los dispositivos conectados a la red.
  + Las velocidades de transmisión internas en una LAN son mayores que en una WAN.
* **Redes inalámbricas**: proporcionan ventajas evidentes en términos de movilidad y facilidad de instalación y configuración.
* **Redes de área metropolitana (MAN)**

**Capítulo 2: “Protocolos y arquitectura”**

En el intercambio de datos entre computadoras, terminales y/u otros dispositivos de procesamiento, los procedimientos involucrados pueden llegar a ser complejos. Por eso es necesaria una arquitectura de protocolos, para dividir un problema en subtareas, y así llevar a cabo la comunicación a través de un conjunto de módulos o capas.

Cada capa realiza un conjunto de subtareas relacionadas entre sí que son necesarias para llegar a comunicarse con otros sistemas. Cada capa proporciona un conjunto de servicios a su capa superior y solicita servicios de su capa inferior.

Para que haya comunicación las dos entidades deben tener el mismo conjunto de funciones de capas en los dos sistemas.

La comunicación se consigue haciendo que las capas correspondientes o pares intercambien información. Las capas pares se comunican intercambiando bloques de datos que verifican una serie de reglas o convenciones denominadas **protocolo**.

Algunas características importantes son:

* **La sintaxis**: establece cuestiones relacionadas con el formato de los bloques de datos.
* **La semántica**: incluye información de control para la coordinación y la gestión de errores.
* **La temporización**: considera aspectos relativos a la sintonización de velocidades y secuenciación.

**Modelo de 3 capas**

Las comunicaciones involucran 3 agentes: aplicaciones, computadoras y redes. Las aplicaciones se ejecutan en computadoras, y estas se conectan en redes por las que se transfieren los datos a intercambiar.

* **Capa de acceso a la red**: está relacionada con el intercambio de datos entre el computador y la red a la que está conectado.
* **Capa de transporte**: los datos se deben intercambiar de una manera fiable, es decir, estar seguros de que todos los datos llegan a la aplicación destino y en orden.
* **Capa de aplicación**: contiene la lógica necesaria para admitir varias aplicaciones de usuario. Para cada tipo de aplicación se necesita un módulo independiente y con características bien diferenciadas.

**Arquitecturas de protocolos normalizadas**: la normalización o los estándares son un conjunto de convenciones comunes que los fabricantes deben adoptar e implementar. Los estándares tienen las siguientes ventajas:

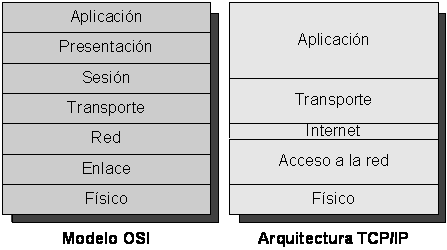
* Los fabricantes están motivados a que si implementan las normalizaciones, tendrán un mercado mayor.
* Los clientes pueden exigir que cualquier fabricante implemente los estándares.

Hay dos arquitecturas que han sido determinantes y básicas en el desarrollo de los estándares de comunicación: **OSI** y **TCP/IP**.

**OSI**

Modelo de interconexión de sistemas abiertos. Creado por ISO y no está implementado. Es un modelo de referencia para la normalización

1. **Físico**: se encarga de la transmisión de cadenas de bits no estructurados sobre el medio físico. Está relacionada con las características mecánicas, eléctricas, funcionales y de procedimiento para acceder al medio físico
2. **Enlace** **de** **datos**: proporciona un servicio de transferencia de datos fiable a través de un enlace físico.
3. **Red**: proporciona independencia a los niveles superiores. Realiza la transferencia de información a través de la red de comunicación.
4. **Transporte**: proporciona una transferencia de datos en orden, libre de errores y fiable.
5. **Sesión**: proporciona el control de la comunicación; establece, gestiona y cierra las conexiones.
6. **Presentación**: define el formato de los datos y ofrece un conjunto de servicios de transformación de datos.
7. **Aplicación**: proporciona el acceso al entorno OSI para usuarios y proporciona servicios de información distribuida.



**TCP/IP**

Es una arquitectura de protocolos desarrollada por la red experimental de conmutación por paquetes ARPANET. Describe un conjunto de protocolos que han sido especificados como estándares de internet.

Las capas son:

1. **Física:** define la interfaz física entre el dispositivo de transmisión de datos y el medio de transmisión o red.
2. **Acceso a la red**: es responsable del intercambio de datos entre el sistema final y la red a la que está conectado.
3. **Internet**: permite que dos dispositivos estén conectados a redes diferentes utilizando el protocolo Internet (IP).
4. **Transporte**: permite que los datos se intercambien de manera fiable (asegurarse de que los datos lleguen a destino), utilizando el protocolo para el control de transmisión (TCP)
5. **Aplicación**: contiene toda la lógica necesaria para posibilitar las distintas aplicaciones de usuario.

Funcionamiento: La capa TCP supervisa los datos para asegurarse de que se entreguen de forma fiable y agrega una cabecera TCP a cada bloque de datos. Luego la capa de internet agrega su cabecera IP y por último la capa de red también. Cuando se reciben los datos, en cada capa se van eliminando las cabeceras correspondientes.

**Capítulo 3: “Transmisión de datos”**

El éxito de la transmisión de datos depende de dos factores: la **calidad** de la señal que se transmite y las **características** del medio de transmisión.

Conceptos:

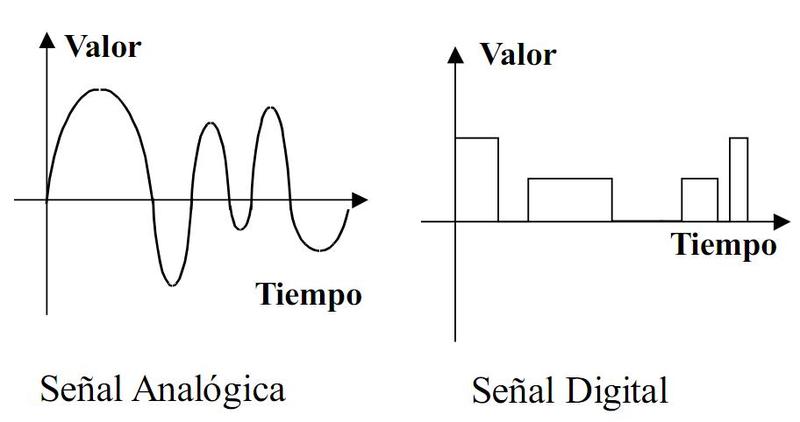
* **Frecuencia**: razón a la que la señal se repite (en ciclos por segundo; Hz).
* **Período**: la cantidad de tiempo transcurrido entre dos repeticiones consecutivas de la señal.
* **Longitud** **de** **onda**: la distancia que ocupa un ciclo, distancia entre dos puntos de igual fase en dos ciclos consecutivos.
* **Espectro**: es el conjunto de frecuencias que lo constituyen.
* **Ancho de banda**: es donde se concentra la mayor parte de la energía de la señal en una banda de frecuencias.
* **Dato**: cualquier entidad capaz de transportar información.
* **Transmisión**: es la comunicación de datos mediante la propagación y el procesamiento de señales.
* **Datos analógicos**: pueden tomar valores en un intervalo continuo (Ej: video, voz).
* **Datos digitales**: toman valores discretos. (Ej: cadena de texto).

Canal de Comunicaciones: Medio físico que vincula el emisor con el receptor y tiene como finalidad permitir una comunicación fiable.

* Canal Físico: Es la parte del canal relacionado con las características físicas y eléctricas del medio de transmisión. Se ocupa de minimizar los fenómenos relativos a la transmisión de señales como ruido y distorsión.
* Canal de Información: Parte del canal relacionado con las especificaciones externas del sistema de comunicaciones. Se ocupa de evaluar y administrar adecuadamente los recursos de un canal físico como la velocidad de transmisión y la calidad con la que es transportada la información.

La señal, que es una representación eléctrica o electromagnética de los datos en función del tiempo, se puede expresar alternativamente en función de la frecuencia. Puede ser:

* **Señal analógica** (periódica simple): Representan los datos analógicos mediante una onda electromagnética que varía continuamente en el tiempo. Los datos digitales se pueden representar mediante una señal analógica utilizando un modem.
* **Señal digital** (onda cuadrada): Representan a los datos digitales mediante una secuencia de pulsos de tensión. Los datos analógicos se pueden representar con esta señal utilizando un codificador.



**Transmisión analógica:** Utiliza amplificadores (añaden energía) para transmitir la señal analógica a distancias más largas, independientemente de su contenido (puede tener datos analógicos o digitales). No se utiliza para señales digitales.

**Transmisión digital:** Utiliza repetidores para regenerar la cadena de ceros y unos de las señales digitales y así poder transmitirla a mayores distancias. Para las señales analógicas con datos digitales se puede utilizar la misma técnica.

Elección de la transmisión digital por encima de la analógica debido a:

* Mejoras en la tecnología digital.
* Integridad de datos a largas distancias al usar repetidores.
* Utilización de la capacidad: en términos económicos, el tendido de las líneas de transmisión de banda ancha son factibles.
* Seguridad y privacidad de los datos.
* Posibilita economías a gran escala mediante la integración de voz, video, y datos.

**Dificultades en la transmisión**

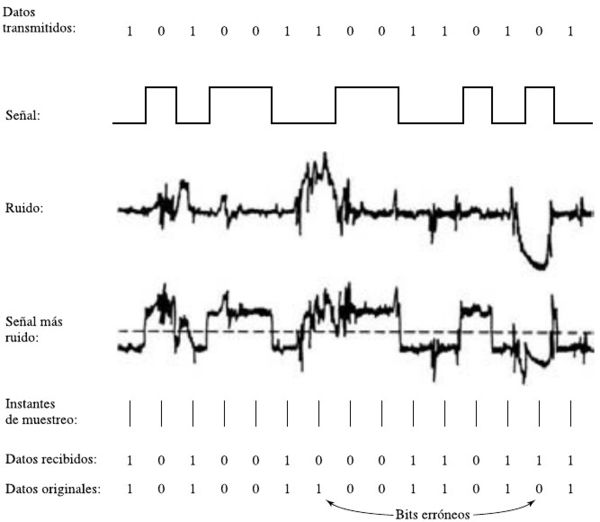
* + **Atenuación**: Es la pérdida de energía de la señal a medida que aumenta la distancia. La señal recibida debe tener suficiente energía para que la circuitería electrónica en el receptor pueda detectar la señal adecuadamente Se resuelve usando amplificadores o repetidores.

Es una función creciente de la frecuencia, por lo que la señal se distorsiona.

* **Distorsión de retardo:** Fenómeno debido a que la velocidad de propagación de una señal a través de un medio guiado varía con la frecuencia. Es decir que las distintas componentes de la frecuencia llegarán al receptor en instantes de tiempo diferentes. Para compensar este problema se utilizan técnicas de ecualización.

Crítica en la transmisión de datos digitales.

* **Ruido:** Es una señal no deseada que se inserta en algún punto entre el emisor y el receptor, en cualquier medio. Es el factor de mayor importancia. Se clasifica en cuatro categorías:
* Ruido térmico: se debe a la agitación térmica de los electrones, es función de la temperatura, no se puede eliminar.
* Ruido de intermodulación: se da cuando señales de distintas frecuencias comparten el mismo medio.
* Diafonía: se trata de un acoplamiento no deseado entre líneas que transportan señales.
* Ruido impulsivo: pulsos o picos irregulares de corta duración y de amplitud grande en la señal. Se generan por fallos, por perturbaciones electromagnéticas, entre otros.



**Capacidad del canal**

Es la velocidad máxima a la que se pueden transmitir los datos en un canal o ruta, bajo ciertas condiciones:

* La velocidad de transmisión de los datos, expresada en bits por segundo.
* El ancho de banda de la señal transmitida, medida en ciclos por segundo (frecuencia).
* El ruido a través de la transmisión.
* La tasa de errores (error cuando se recibe un 1 en vez de un 0 y viceversa).

Un incremento en la velocidad de transmisión aumentará la tasa de errores. Un incremento del ancho de banda permite un aumento en la velocidad de transmisión.

**Ancho de banda de Nyquist:** Considera al canal libre de ruido. En este entorno, la limitación en la velocidad de los datos sólo está dada por el ancho de banda de la señal.

**Fórmula para la capacidad de Shannon**: Considera al canal sin el ancho de banda. La presencia del ruido puede corromper uno o más bits. La limitación se debe a que si se aumenta la velocidad de transmisión, el ruido afectará a un mayor número de bits (se hacen más cortos) y aumentará la tasa de errores.

La teoría de la información desarrollada por Shannon plantea el objetivo de hacer lo más eficiente posible la transmisión de información de un punto a otro en una red de comunicaciones. Esta teoría estudia tres aspectos:

* 1. Como se **mide la información**: relacionada con la capacidad de que la fuente pueda elegir entre varios mensajes.
  2. Cuál es la capacidad de un canal de comunicaciones para transferir información.
  3. Los aspectos de la codificación relacionados con la manera de utilizar los canales de comunicación a plena capacidad y con una tasa mínima de error.

**Relación entre la capacidad del canal y la tasa de información**: la relación está establecida a través de la tasa de error del sistema, de forma que, si la tasa de información es mayor que la capacidad del canal, no es posible transmitir sin errores.

**Capítulo 4: “Medios de transmisión”**

El **medio de transmisión** es el camino físico entre el transmisor y el receptor.

En los **medios guiados** las ondas electromagnéticas se transmiten a través de un medio sólido (ej: cable).

En los **no guiados** la transmisión inalámbrica se realiza a través de la atmósfera, el espacio exterior, o el agua.

En el diseño de sistemas de transmisión es deseable que tanto la distancia como la velocidad de transmisión sean lo más grandes posibles. Hay diferentes factores relacionados como **el ancho de banda** (al aumentarlo se aumenta la velocidad), **dificultades en la transmisión**, **interferencias** (pueden distorsionar o destruir la señal), y **el número de receptores** (si hay múltiples receptores la señal se puede atenuar).

**Medios de transmisión guiados**

* **Par trenzado**: Consiste en dos cables de cobre embutidos en un aislante, entrecruzados en forma de bucle espiral. Cada par de cables constituye un enlace de comunicación.
* Es el más económico y usado.
* Suele reducir la diafonía pero susceptible al ruido.
* Se usa para transmitir ambas señales. Para la transmisión analógica se requiere amplificadores y para la digital repetidores.
* En comparación a otros medios guiados, este se usa para distancias menores, menor ancho de banda y menor velocidad de transmisión.
* Existen dos tipos de pares trenzados: apantallados (STP - más costoso y difícil de manipular) y no apantallados (UTP - más barato y maleable).
* La aplicación de este medio es para telefonía y redes LAN.
* **Cable coaxial**: tiene dos conductores. Opera en un rango de frecuencias mayor al par trenzado. Consiste en un conductor cilíndrico externo que rodea a un cable conductor interno.
* Comparado con el par trenzado, se puede usar para cubrir mayores distancias, así como para conectar un número mayor de estaciones en líneas compartidas.
* Se usa para transmitir ambas señales.
* Las limitaciones son la atenuación, el ruido térmico y el ruido de intermodulación.
* Las aplicaciones son distribución de tv, telefonía a larga distancia, enlaces de PC a corta distancia, redes LAN.
* **Fibra óptica**: es un medio flexible y delgado capaz de transmitir un haz de naturaleza óptica. Para construirla se usan cristales o plásticos. La fibra óptica propaga internamente un haz de luz que transporta la señal codificada de acuerdo con el principio de reflexión total.
* Existen dos tipos: monomodo (permite un solo modo de propagación de la luz), y multimodo (de índice gradual, y de índice discreto).
* Se usan dos fuentes de luz: los diodos LED, y los diodos ILD (láser).
* Las diferencias respecto del cable coaxial y el par trenzado son: mayor capacidad, velocidad y distancia, menor tamaño y peso, menor atenuación y aislamiento electromagnético.
* Las aplicaciones más importantes son: redes WAN, MAN y LAN, acceso a áreas rurales y bucles de abonado (fibras que van directamente desde las centrales al abonado).

**Medios de transmisión no guiados (inalámbrico)**

* **Microondas terrestres** (señales analógicas): se usa una antena parabólica tipo “plato”. La antena se fija rígidamente de forma tal que el haz de luz debe estar perfectamente enfocado siguiendo la trayectoria visual hacia la antena receptora. Se sitúan a una altura elevada sobre el nivel del suelo.
* Para conseguir transmisiones a larga distancia, se colocan distintos enlaces punto a punto entre antenas situadas en torres hasta cubrir la distancia.
* Aplicaciones en servicios de telecomunicación de larga distancia, circuitos cerrados de tv o interconexiones de LAN, en sistemas de celulares, etc.
* **Microondas por satélite**: es una estación que retransmite microondas. Se usa como enlace entre dos o más receptores terrestres. El satélite recibe la señal en una banda de frecuencia, la amplifica o repite y la retransmite en otra banda de frecuencia. Para que un satélite de comunicaciones funcione con eficacia debe mantener su posición respecto de la tierra.
* Aplicaciones: difusión de TV, transmisión telefónica a larga distancia, redes privadas, etc.
* **Ondas de radio**: son ondas omnidireccionales, es decir, que no necesitan antenas.
* El rango de frecuencias va de 30 MHz a 1 GHz.
* Es muy adecuado para la difusión simultánea a varios destinos.
* Aplicaciones: se usa para emitir radio FM, AM, etc.
* **Infrarrojos**: las comunicaciones mediante infrarrojos se llevan a cabo mediante transmisiones/receptores que modulan luz roja no coherente. Los transceptores deben estar alineados directamente. Los rayos infrarrojos no pueden atravesar paredes, por lo tanto, no hay problemas de seguridad e interferencia.

**Capítulo 5: “Codificación de datos”**

* **Transmisión analógica**: se basa en una señal continua de frecuencia constante denominada **señal portadora**. La frecuencia de ésta se elige de forma tal que sea compatible con las características del medio.
* **Modulación**: Es el proceso que codifica los datos generados por la fuente de la señal portadora. Puede modificar uno o más de los tres parámetros fundamentales: amplitud, frecuencia, y fase.
* **Señal en banda base**: es la señal de entrada (analógica o digital).
* **Señal modulada**: señal resultante de la modulación de la portadora.

**Técnicas de codificación o modulación**

* **Datos digitales, señales digitales** (Codificación)

- Dato: es un bit 0 o 1.

- Señal polar: un estado lógico se representará mediante un nivel positivo de tensión y el otro mediante un nivel negativo.

- Velocidad de transmisión: es la velocidad a la que se transmiten los datos (bps).

- Duración de un bit: es el tiempo empleado en el transmisor para emitir un bit.

- Velocidad de modulación: es la velocidad a la que cambia el nivel de la señal, que dependerá del esquema de codificación elegido.

Los factores que determinan el éxito o el fracaso del receptor al interpretar la señal son el ruido, la velocidad y el ancho de banda. También depende del esquema de codificación.

Estas técnicas tienen en cuenta: el espectro de la señal, sincronización, detección de errores, inmunidad al ruido e interferencias, costo y complejidad.

* **No retorno a 0 (NRZ)**: Se utiliza un nivel de tensión diferente para cada uno de los dos dígitos binarios. El nivel de tensión se mantiene constante durante la duración del bit, es decir, no hay retorno a nivel cero de tensión. 0 es ausencia de tensión y 1 es nivel de tensión positiva.
* **No retorno a nivel 0 (NRZ-L)**: El 0 indica nivel alto y el 1 nivel bajo. Es polar.
* **No retorno a 0, invertir en 1** **(NRZI)**: Los datos se codifican mediante la presencia o ausencia de una transición de la señal al principio del intervalo de duración del bit. Un 1 se codifica mediante la transición (bajo a alto; alto a bajo) al principio del intervalo de señalización, mientras que un 0 se representa por la ausencia de transición.
* **Bipolar**: Utiliza 3 valores. (+, -, o 0).
* **Bipolar – AMI**: usa un 0 para representar ausencia de la señal y un 1 para representar un pulso negativo o positivo. Los pulsos correspondientes al 1 deben tener una polaridad alternante.
* **Manchester**: siempre hay una transición en mitad del intervalo de duración del bit. Esta transición en la mitad del bit sirve como procedimiento de sincronización, a la vez que sirve para transmitir los datos. Una transición de bajo a alto representa un 1, y una transición de alto a bajo representa un 0.
* **Manchester diferencial**: la transición a mitad del intervalo se utiliza tan sólo para proporcionar sincronización. La codificación de un 0 se representa por la presencia de una transición al principio del intervalo del bit, y un 1 se representa mediante la ausencia de una transición al principio del intervalo.
* **Datos digitales, señales analógicas** (Modulación)
  + **Desplazamiento de amplitud (ASK)**: Utiliza los dos valores binarios que se representan mediante dos amplitudes diferentes de la portadora. Es usual que una de las amplitudes sea cero, es decir, un 1 representa la presencia de señal, mientras que un 0 la ausencia de la misma.
  + **Desplazamiento de frecuencia (FSK)**: Los dos valores binarios se representan mediante dos frecuencias diferentes, próximas a la frecuencia de la portadora. Puede ser binario o múltiple. Es menos sensible que ASK.
  + **Desplazamiento de fase (PSK)**: El más conocido es el desplazamiento binario, que utiliza dos fases para representar los dos dígitos binarios. También tenemos a la PSK de cuatro niveles, donde se puede conseguir un uso más eficaz del ancho de banda si cada elemento de señalización representa más de un bit. También está la PSK multinivel (varios niveles transmiten más de un bit). Invierte la fase: tengo un 0 y si viene un 1 se invierte, si viene otro 1 se vuelve a invertir y así sucesivamente.
* **Datos analógicos, señales digitales** (Digitalización)
* **Modulación por codificación de impulsos (PCM)**: La señal digital resultante consiste en un bloque de n bits, donde cada número de bits corresponde con la amplitud de un impulso PCM.
* **Modulación delta (DM)**: Mejora el PCM. Usa una función escalera. Compara la señal de entrada con una sucesión de pulsos de amplitud los cuales son crecientes (1) mientas la amplitud se encuentra por debajo de la amplitud de la señal de entrada, y es decreciente (0) cuando la amplitud de los pulsos supera la amplitud de la señal de entrada.
* **Datos analógicos, señales analógicas** (Modulación)
* **Modulación por amplitud (AM)**: La frecuencia o ancho de banda queda fijo y la amplitud varía.
* **Modulación por frecuencia (FM)**:Varía la frecuencia pero se mantiene la amplitud.
* **Modulación por fase (PM)**: Variación de la fase.

**Capítulo 6: “La interfaz en las comunicaciones de datos”**

**Transmisión asíncrona:** Los datos se envían o transmiten carácter a carácter. Cada carácter tiene una longitud de 5 a 8 bits. La sincronización se debe mantener solamente durante la duración del carácter, ya que el receptor tiene la oportunidad de resincronizarse al principio de cada nuevo carácter.

**Transmisión síncrona:** Se transmite cada bloque de bits como una cadena estacionaria, sin utilizar códigos de comienzo o parada. El bloque puede tener una longitud de muchos bits. Para prevenir la pérdida de sincronismo, los relojes del emisor y receptor se deberán sincronizar de alguna manera. Se requiere además de un nivel de sincronización adicional para que el receptor pueda determinar dónde está el comienzo y el final de cada bloque de datos.

**Enlace punto a punto:** Si hay sólo dos estaciones, es decir, un terminal y un computador, o dos computadores. Ej: puerto paralelo, USB.

**Enlace multipunto:** Si hay más de dos estaciones. Ej: el bus serie.

**Transmisión half-duplex:** El intercambio de datos es a través de una línea de transmisión. En este caso, sólo una de las dos estaciones, de enlace punto a punto, puede transmitir cada vez. Las dos estaciones pueden transmitir alternadamente.

**Transmisión full-duplex:** Las dos estaciones pueden enviar y recibir datos simultáneamente, es decir, la transmisión es en doble sentido.

**INTERFACES**

Los dispositivos finales, normalmente terminales y computadores, se denominan **equipo terminal de datos** (DTE), los cuales acceden al medio de transmisión mediante la utilización de un **equipo terminación del circuito de datos** (DCE), como por ejemplo un módem.

El DCE, por un lado, es responsable de transmitir y recibir bits de uno en uno a través del medio de transmisión o red. Por otro lado, el DCE debe interaccionar con el DTE. Esto se lleva a cabo a través de **circuitos de intercambio**.

El receptor de cada DCE debe usar el mismo esquema de codificación y la misma velocidad de transmisión. Además cada pareja DTE-DCE se debe diseñar para que funcione cooperativamente.

La interfaz tiene cuatro características importantes:

* **Características mecánicas**: describen la conexión física entre el DTE y el DCE. Los circuitos de intercambio de control y datos se embuten en un cable conector a cada extremo. Pero ambos deben tener conectores de distintos géneros a cada extremo del cable.
* **Características eléctricas**: están relacionadas con los niveles de tensión y temporización. Tanto el DTE como el DCE deben usar el mismo código, y los mismos niveles de tensión.
* **Características funcionales**: especifican las funciones que se realizan a través de cada uno de los circuitos de intercambio.
* **Características de procedimiento**: especifican las secuencias de eventos que se deben dar en la transmisión de datos, basándose en las características funcionales de la interfaz.

Ethernet: Tecnología de medio físico más utilizada en redes LAN por ser flexible y simple.

**Capítulo 7: “Control del enlace de datos”**

Para llevar a cabo el control y gestión del intercambio de datos se necesita una capa lógica adicional por encima de la interfaz física, y se denomina **protocolo de control del enlace de datos**.

El medio de transmisión existente entre sistemas se denomina **enlace de datos**.

Requisitos y objetivos para la comunicación efectiva de datos entre dos estaciones conectadas directamente:

* **Sincronización de trama**: los datos se envían en bloques denominados tramas, cuyo principio y fin deben ser identificables.
* **Control de flujo**: la estación emisora no debe enviar tramas a una velocidad superior a la que la estación receptora pueda absorber.
* **Control de errores**: se debe corregir cualquier error en los bits provocado por el sistema de transmisión.
* **Direccionamiento**: en una línea multipunto, se debe identificar a las dos estaciones involucradas en una transmisión.
* **Datos y control sobre el mismo enlace**: el receptor deberá ser capaz de diferenciar entre la información de control y los datos.
* **Gestión del enlace**: se necesitan una serie de procedimientos para llevar a cabo la gestión del intercambio de datos.

**Control de flujo**

Es una técnica utilizada para asegurar que una entidad de transmisión no sobrecargue al receptor con excesiva cantidad de datos. El receptor reserva una zona de memoria temporal para la transferencia, donde debe realizar procedimientos antes de pasar los datos recibidos al SW.

* **Control de flujo mediante parada y espera**: Una entidad transmite la trama, el destino la recibe y responde con una confirmación o reconocimiento (ACK). La fuente espera por el ACK antes de enviar la siguiente trama, por lo que el destino puede detener el flujo si retiene el envío de los ACK.

Este procedimiento trabaja bien con un número reducido de grandes tramas (frames).

Ventajas: con tramas grandes hay mayor probabilidad de errores; al usar tramas pequeñas los errores son detectados.

Desventaja: ineficiente porque sólo puede viajar una trama por vez.

* **Control de flujo con ventana deslizante**: permite que múltiples tramas estén en tránsito, lo que mejora la eficiencia. Opera en enlaces full-duplex. Permite enviar hasta *w* tramas sin tener que esperar una ACK ya que el buffer receptor tiene un largo suficiente para almacenar *w* tramas. Cada trama es numerada.

El ACK incluye la trama que informa que el receptor está listo para recibir *w* tramas siguientes. El número de secuencia está limitado por el tamaño del campo.

Si la comunicación es en varios sentidos y hay dos estaciones intercambiando datos, cada estación deberá mantener dos ventanas, una para transmitir y otra para recibir. Cada extremo deberá enviar al otro extremo tanto datos como confirmaciones.

Ventaja: Se pueden enviar varias tramas y permite una transmisión full-duplex.

**Detección de errores**

En todo sistema de transmisión habrá ruido, esto dará lugar a errores que modifican uno o más bits de la trama.

* **Comprobación de paridad**: consiste en añadir un bit de paridad al final de cada bloque de datos. El valor del bit de paridad es tal que el carácter tiene un número par de unos (paridad par) o tiene un número impar de unos (paridad impar). Si hay un número par de errores, no es posible detectarlos.

Se utiliza paridad par para la transmisión síncrona, y paridad impar para la transmisión asíncrona.

* **Comprobación de redundancia cíclica (CRC)**: para un bloque de k bits, el transmisor genera una secuencia de comprobación de la trama (FCS) de n bits. Se transmiten k+n bits, que son divisibles por un número determinado. El receptor divide la trama por ese número y si no hay resto en la división, supondrá que no ha habido errores.

**Control de errores**

Los tipos de errores son **tramas perdidas** (no llega a destino) y **tramas dañadas** (llega a destino pero con bits erróneos).

Las técnicas más usuales de control de errores son:

* Detección de errores.
* Confirmaciones positivas: el destino devuelve una confirmación positiva por cada trama recibida con éxito y libre de errores.
* Retransmisión después de un time-out: la fuente retransmite las tramas que no han sido confirmadas después de un tiempo predeterminado.
* Confirmación negativa y retransmisión: el destino devuelve una confirmación negativa al detectar errores en las tramas recibidas para que la fuente retransmita esas tramas
* **Solicitud de repetición automática (ARQ)**: el objetivo es convertir un enlace de datos no fiable en fiable.
* **ARQ con parada y espera**: Puede ocurrir que la **trama** recibida esté **dañada**, entonces el receptor descartará la trama. O que se **deteriore la confirmación** en el camino (ACK) y el receptor acepte dos copias de la misma trama como si fueran distintas. Para evitar este problema, las tramas se etiquetan de forma alternada con 0 o 1, siendo las confirmaciones positivas de la forma ACK0 y ACK1 (una trama ACK0 confirma la recepción de la trama numerada como 1 e indica que el receptor está preparado para aceptar la trama numerada como 0).

Simple pero ineficiente.

* **ARQ con vuelta atrás N**: basadas en ventanas deslizantes. Si hay error, responde con una confirmación negativa (REJ). El receptor descartará esta trama y todas las que se reciban a futuro hasta que la errónea se reciba correctamente.
* **ARQ con rechazo selectivo**: sólo se retransmiten las tramas rechazadas o aquellas para el que el temporizador expira. Las tramas posteriores son aceptadas por el receptor y almacenadas en el buffer. Minimiza las retransmisiones.

El receptor debe mantener gran capacidad de almacenamiento en el buffer para almacenar tramas futuras, hasta que la trama errónea se retransmita. El transmisor y receptor deben tener una lógica más compleja para poder reenviar la trama fuera de orden e insertarla donde corresponde.

**Control del enlace de datos de alto nivel (HDLC)**

Es el protocolo de enlace más importante y usado, porque es la base de otros protocolos. Usa una transmisión síncrona y para ello define:

Tres estaciones:

* **Estación primaria**: controla el funcionamiento del enlace. Las tramas generadas por ésta estación se denominan órdenes.
* **Estación secundaria**: funciona bajo el control de la estación primaria. Las tramas generadas se denominan respuestas. La estación primaria establece un enlace lógico independiente con cada una de las estaciones secundarias presentes en la línea.
* **Estación combinada**: combina las características de las primarias y las secundarias, pudiendo generar tanto órdenes como respuestas.

Dos posibles configuraciones de enlace:

* **No balanceada**: está formada por una estación primaria y una o más secundarias. Permite transmisión full-duplex y half-duplex.
* **Balanceada**: consiste en dos estaciones combinadas. Permite la transmisión full-duplex y half-duplex.

Tres modos de transferencia de datos:

* **Modo de respuesta normal (NRM)**: se utiliza en la configuración no balanceada. La estación primaria puede iniciar la transferencia de datos hacia la secundaria, pero la secundaria sólo puede transmitir datos en base a respuestas a las órdenes emitidas por la primaria. Se utiliza en líneas de múltiples conexiones y también en enlaces punto a punto.
* **Modo balanceado asíncrono (ABM)**: se utiliza en la configuración balanceada. Cualquier estación combinada puede iniciar la transmisión sin necesidad de recibir permiso por parte de la otra estación combinada. Se utiliza en los tres modos.
* **Modo de respuesta asíncrono (ARM):** se utiliza en la configuración no balanceada. La estación secundaria puede iniciar la transmisión sin tener permiso de la primaria. La primaria tiene la responsabilidad de funcionamiento de la línea, incluyendo la iniciación, recuperación de errores y la desconexión lógica. Se utiliza en pocas ocasiones.

**Estructura de la trama**

Hay un único formato de trama para todos los tipos de intercambios de datos e información de control.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Delimitador | Dirección | Control | Información | FCS | Delimitador |

Cola

Cabecera

* **Campos de delimitación**: están localizados en los dos extremos de la trama. Puede cerrar una trama y abrir otra. Los receptores continuamente intentan detectar la secuencia de delimitación para sincronizarse con el comienzo de la trama.
* **Campo de direcciones**: identifica la estación secundaria que ha transmitido o recibido la trama.
* **Campo de control**: se definen tres tipos de tramas: tramas de información (transportan los datos generados por el usuario); tramas de supervisión (proporcionan el mecanismo ARQ cuando no se usa la incorporación de las confirmaciones en las tramas de información); tramas no numeradas (proporcionan funciones para controlar el enlace).
* **Campo de información**: sólo está presente en las tramas de información y en algunas tramas no numeradas.
* **Campo de secuencia de comprobación de trama (FCS)**: es un código para la detección de errores calculando a partir de los bits de la trama excluyendo los delimitadores.

**Funcionamiento de la trama**

Consiste en el intercambio de tramas de información, supervisión y no numeradas, entre dos estaciones. Consta de tres fases:

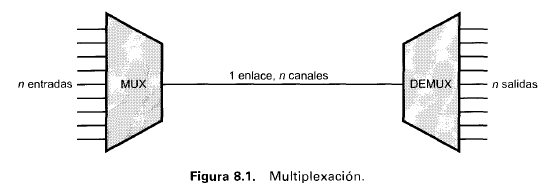
* **Inicio**: uno de los extremos inicia el enlace de datos y las tramas se intercambian de forma ordenada. Se avisa al otro extremo sobre la iniciación. Se elige qué modo se solicita (NRM, ABM, ARM) y se dice si se van a utilizar números de secuencias de 3 o 7 bits.
* **Transferencia de datos**: cuando la iniciación haya sido solicitada y aceptada ambos extremos comienzan a enviar datos mediante las tramas de información.
* **Desconexión**: uno de los extremos comunicará la finalización de la transmisión.

**Capítulo 8: “Multiplexación”**

Existen “n” entradas a un multiplexor, que se conecta a un demultiplexor mediante un único enlace de datos. El enlace es capaz de transportar “n” canales de datos independientes.

- El multiplexor combina (multiplexa) los datos de las “n” líneas de entrada y los transmite a través de un enlace de datos de capacidad superior.

- El demultiplexor capta la secuencia de datos multiplexados, los separa (demultiplexa) de acuerdo con el canal y los envía hacia las líneas de salida correspondientes.



* **Multiplexación por división de frecuencias (FDM)**

Se puede utilizar cuando el ancho de banda del medio de transmisión supera el ancho de banda requerido por las señales a transmitir.

Se pueden transmitir varias señales simultáneamente si cada una de ellas se modula con una frecuencia portadora diferente y estas están suficientemente separadas para que los anchos de banda de las señales no produzcan diafonía.

La señal compuesta transmitida a través del medio es analógica. Sin embargo, las señales de entrada pueden ser de cualquier tipo. Si son digitales, deben pasar previamente por un módem para ser convertidas en analógicas y así poder ser moduladas.

Problemas: la **diafonía** y el **ruido de intermodulación**.

* **Multiplexación por división en la longitud de onda (WDM)**

Utilizada en la fibra óptica. El haz de luz a través de la fibra consta de varios colores, o longitudes de onda, cada uno de los cuales transporta un canal de datos distinto.

Un sistema WDM típico tiene la misma arquitectura que uno FDM. Diversas fuentes generan un haz láser a diferentes longitudes de onda. Éstos son enviados a un multiplexor, el cual combina las fuentes para su transmisión sobre una misma línea de fibra. Los amplificadores ópticos se encargan de amplificar todas las longitudes de onda simultáneamente. Finalmente, la señal compuesta se recibe en el demultiplexor, donde se separan los canales componentes y se envían hacia los receptores pertinentes en el punto de destino.

* **Multiplexación por división de tiempo (TDM)**

Se utiliza cuando la velocidad de transmisión alcanzable por el medio excede la velocidad de las señales digitales a transmitir (o señales analógicas que transportan datos digitales).

Los datos transmitidos se organizan en **tramas**, cada una con un ciclo de ranuras temporales. En cada trama se dedican una o más ranuras a cada una de las fuentes de datos, denominándose **canal** a la secuencia de ranuras dedicadas a una fuente.

Síncrona: Se denomina síncrona porque las ranuras temporales se preasignan y fijan a las distintas fuentes. Las ranuras temporales asociadas a cada fuente se transmiten tanto si éstas tienen datos que enviar como si no. Un dispositivo TDM síncrono puede gestionar fuentes a distintas velocidades incluso cuando se hacen asignaciones fijas de las ranuras temporales. Por ejemplo, al dispositivo de entrada más lento se le podría asignar una ranura por ciclo, mientras que a los más rápidos se podrían asignar varias ranuras por ciclo.

Asíncrona: El multiplexor asíncrono tiene cada línea de E/S asociada una memoria temporal. La función de entrada del multiplexor consiste en sondear las memorias de almacenamiento de entrada para la captura de datos hasta que se complete una trama, enviando ésta posteriormente. En la función de salida, el multiplexor recibe la trama y distribuye las ranuras temporales de datos a las memorias temporales de salida correspondientes.

Dado que los dispositivos conectados no transmiten durante todo el tiempo, la velocidad de la línea multiplexada es menor que la suma de las velocidades de los dispositivos conectados. Si un multiplexor asíncrono y uno síncrono usan un enlace de la misma velocidad, el multiplexor síncrono puede dar servicio a más dispositivos.

En general, un sistema TDM asíncrono usa un protocolo síncrono, como HDLC.

**SONET (Red Óptica Síncrona)**: es una interfaz de transmisión óptica ideada para aprovechar las ventajas de velocidad de la fibra óptica.

* **Línea de abonado digital asimétrica (ADSL)**

El término *asimétrico* se refiere al hecho de que ADSL proporciona más capacidad de transmisión en el enlace descendente (desde la central hacia el usuario) que en el ascendente (desde el usuario hacia el proveedor). Esta tecnología resulta muy apropiada para las necesidades de transmisión en Internet.

Hace uso de FDM de una forma novedosa para aprovechar la capacidad de 1 MHz que dispone el cable par trenzado. Existen tres elementos en la estrategia ADSL:

* Reserva de los 25 KHz inferiores para voz, conocido como POST, sirviendo el ancho de banda adicional para evitar la producción de diafonía entre los canales de voz y de datos.
* Utilización de cancelación de eco o FDM, para dar cabida a dos bandas, una ascendente pequeña y una descendente grande.
* Uso de FDM en las bandas ascendente y descendente. En este caso, una secuencia de bits dada se divide en varias secuencias paralelas y cada una de ellas se transmite en una banda de frecuencias distinta.

**xDSL**

* **HDSL (Línea de Abonado Digital de Alta Velocidad)**

Aprovecha los pares de cobre que conforman la planta externa telefónica para la transmisión de señales digitales. Se basa en un código de línea orientado a obtener más distancia de cable de cobre sin repetidores. Emplea dos pares de cada uno operando en modo full-duplex.

* **SDSL (Línea de Abonado Digital de una sola Línea)**

Se desarrolló para proporcionar a través de una única línea de par trenzado el mismo tipo de servicio que HDSL proporciona con dos. Se emplea cancelación de eco para conseguir transmisión full-duplex a través de un único par.

* **VDSL (Línea de Abonado de Muy Alta Velocidad)**

El objetivo de este esquema es proveer un esquema similar a ADSL a una velocidad muy superior, a costa de disminuir la distancia permitida. La técnica de señalización para VDSL será muy probablemente DMT.

No utiliza cancelación de eco, pero proporciona bandas separadas para los diferentes servicios.

* **Multitono discreto (DMT)**

Esta técnica consiste en hacer uso de varias señales portadoras a diferentes frecuencias, de modo que se envían algunos de los bits en cada canal. El ancho de banda disponible (ascendente o descendente) se divide en varios subcanales de 4 KHz.

En el proceso de inicialización, el módem DMT envía señales de test sobre los subcanales con el fin de determinar la relación señal-ruido en cada uno de ellos. Realizado el test, el módem asigna más bits de datos a los canales con mejor calidad de transmisión de señal y un número de bits menor para aquellos canales de calidad inferior.

**Capítulo 9: “CONMUTACIÓN DE CIRCUITOS Y PAQUETES”**

**Conmutación de circuitos:**

La técnica de conmutación de circuitos se desarrolló especialmente para tráfico de voz.

Se establece un canal de comunicaciones dedicado entre dos estaciones. Se reservan recursos de transmisión y de conmutación de la red para su uso exclusivo del circuito para la conmutación.

Es transparente: una vez establecida, parece como si los dispositivos estuvieran directamente conectados. Su funcionamiento pasa por las siguientes etapas: establecimiento, transferencia de archivos y liberación de conexión.

Ésta técnica resulta ineficiente para transferir datos ya que, en una conexión de datos usuario/estación típica, la línea está desocupada la mayor parte de tiempo y, además, los dos dispositivos conectados deben transmitir y recibir a la misma velocidad, lo que limita la interconexión de distintas computadoras.

**Conmutación de paquetes:**

Se diseñó para ofrecer un servicio más eficiente para el tráfico de datos.

Una estación realiza la transmisión de los datos en base a pequeños bloques llamados paquetes, cada uno de los cuales contiene una parte de los datos de usuario, además de información de control necesaria para el adecuado funcionamiento de la red. En cada nodo hay un buffer donde se almacenan los paquetes por un tiempo definido hasta ser transmitido.

Un elemento clave es que el funcionamiento interno puede basarse en:

* Datagramas: cada paquete se trata de forma independiente, por lo que pueden seguir rutas diferentes.
* Circuitos virtuales: se define una ruta entre dos puntos de comunicación finales, de modo que todos los paquetes sigan el mismo camino.

Ventajas:

* La eficiencia de la línea es superior, ya que un único enlace entre dos nodos se puede compartir dinámicamente en el tiempo entre varios paquetes.
* Dos estaciones de diferente velocidad pueden intercambiar paquetes ya que cada una se conecta a su nodo con una velocidad particular.
* Cuando aumenta el tráfico de la red, se pueden seguir recibiendo paquetes pero aumentara el retardo de transmisión.
* Se puede hacer uso de prioridades para transmitir los paquetes.