

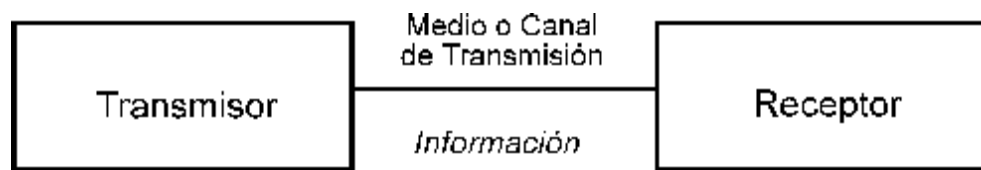
SISTEMA BASICO DE COMUNICACIÓN

Modelo De Un Sistema De Comunicaciones

La Comunicación es la transferencia de información con sentido desde un lugar (remitente, origen, fuente, transmisor) a otro lugar (destino, receptor). Por otra parte Información es un patrón físico al cual se le ha asignado un significado comúnmente acordado. El patrón debe ser único (separado y distinto), capaz de ser enviado por el transmisor, y capaz de ser detectado y entendido por el receptor.

Si la información es intercambiada entre comunicadores humanos, por lo general se transmite en forma de sonido, luz o patrones de textura en forma tal que pueda ser detectada por los sentidos primarios del oído, vista y tacto. El receptor asumirá que no se está comunicando información si no se reciben patrones reconocibles.

En la siguiente figura se muestra un diagrama a bloques del modelo básico de un sistema de comunicaciones, en éste se muestran los principales componentes que permiten la comunicación.



Elementos básicos de un sistema de comunicaciones

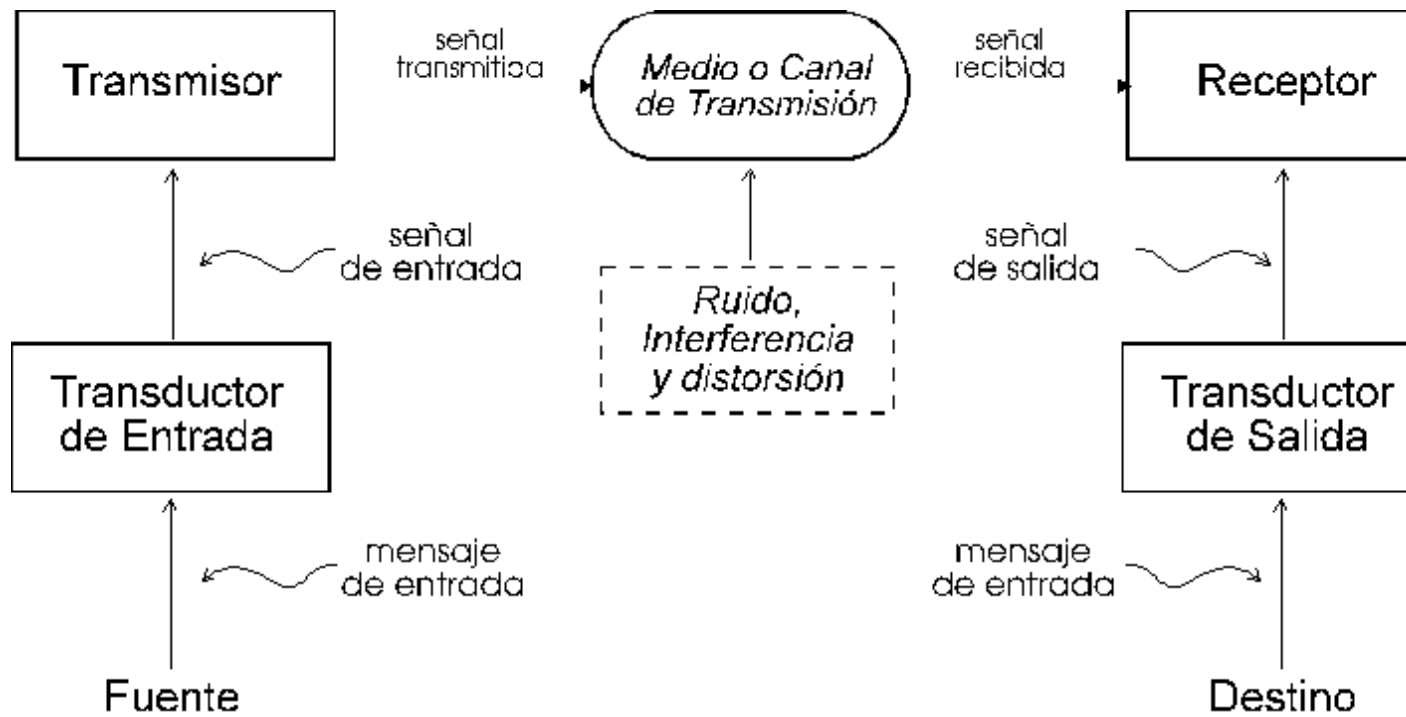
ELEMENTOS DEL SISTEMA

En toda comunicación existen tres elementos básicos (imprescindibles uno del otro) en un sistema de comunicación: el transmisor, el canal de transmisión y el receptor. Cada uno tiene una función característica.

El Transmisor pasa el mensaje al canal en forma de señal. Para lograr una transmisión eficiente y efectiva, se deben desarrollar varias operaciones de procesamiento de la señal. La más común e importante es la modulación, un proceso que se distingue por el acoplamiento de la señal transmitida a las propiedades del canal, por medio de una onda portadora.

El Canal de Transmisión o medio es el enlace eléctrico entre el transmisor y el receptor, siendo el puente de unión entre la fuente y el destino. Este medio puede ser un par de alambres, un cable coaxial, el aire, etc. Pero sin importar el tipo, todos los medios de transmisión se caracterizan por la atenuación, la disminución progresiva de la potencia de la señal conforme aumenta la distancia.

La función del Receptor es extraer del canal la señal deseada y entregarla al transductor de salida. Como las señales son frecuentemente muy débiles, como resultado de la atenuación, el receptor debe tener varias etapas de amplificación. En todo caso, la operación clave que ejecuta el receptor es la demodulación, el caso inverso del proceso de modulación del transmisor, con lo cual vuelve la señal a su forma original.



Definiciones

Dato: Técnicamente un dato es un hecho o una cifra en bruto, sin procesar.

Información: Conjunto de datos procesados expresados con un sentido lógico.

Mensaje: Información que se pretende llegue del emisor al receptor por medio de un sistema de comunicación.

Sistema: Conjunto de elementos interrelacionados armónicamente para alcanzar un objetivo común.

Sistema Operativo: Programa de control maestro que administra el funcionamiento del sistema informático interactuando con los programas de aplicación.

Sistema de Comunicación: Sistema que transmite información desde un lugar (emisor) a otro (receptor)

Origen: Quien posee la información.

Destino: Quien espera recibir la información

Emisor: Punto de origen que emplea un sistema de comunicación para transmitir un mensaje.

Receptor: Punto de destino del mensaje que se ha transmitido por un medio de un sistema de comunicación

Canal : Es el medio de transmisión de los mensajes

TIPOS DE ONDAS

Onda: Una onda es una perturbación que se propaga, las ondas materiales (todas menos las electromagnéticas) requieren un medio elástico para propagarse.

El medio elástico se deforma y se recupera vibrando al paso de la onda.

Longitud de onda, frecuencia y periodo

Ciclo (Oscilación): Serie completa de sucesos

Longitud de onda: *como la distancia que recorre el pulso mientras un punto realiza una oscilación completa.*

Periodo (T): El tiempo que tarda en realizar una oscilación

Frecuencia (F): Es el número de oscilaciones (vibraciones) que efectúa cualquier punto de la onda en un segundo.

Tipos de Ondas: Ondas transversales y Ondas longitudinales

En función del soporte que requieren para su propagación las ondas se clasifican en mecánicas y electromagnéticas. Las mecánicas requieren un medio elástico para propagarse y las electromagnéticas se pueden propagar en el vacío.

Si las clasificamos en función de como vibran respecto a la dirección de propagación tenemos las ondas transversales y las longitudinales.

Si las partículas del medio en el que se propaga la perturbación vibran perpendicularmente a la dirección de propagación las ondas se llaman transversales. Si vibran en la misma dirección se llaman longitudinales.

CODIFICACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Definición: *La información para ser transmitida, necesita ser adaptada al medio de transmisión . Para ello, será preciso codificarla de tal forma que pueda asegurarse una recepción clara y segura.*

*Si tenemos la información en un determinado alfabeto fuente y queremos transformarla en otro alfabeto destino podemos definir **codificación** como la realización de dicha transformación, siendo el código la correspondencia existente entre cada símbolo del alfabeto fuente y cada conjunto de símbolos (palabras) del alfabeto destino.*

Código Morse: *Primer código utilizado para la transmisión a distancia a través de señales eléctricas, inventado por el físico norteamericano **Samuel F. B. Morse** en 1820 lo que dio origen al telégrafo electromagnético. Este en 1896 se convirtió en el telégrafo sin hilos o radio telégrafo.*

El código Morse está conformado por puntos y rayas que se diferencian en el tiempo de duración de la señal activa o 1. Un 1 corto corresponde al punto y un largo (aproximadamente de duración de tres veces el punto) corresponde a la raya. Entre cada dos símbolos (punto o raya) existe un 0 separador o ausencia de señal, cuya duración es aproximadamente la del punto. La separación entre caracteres es tres veces mayor que la del punto, y para la separación de palabras transmitidas el tiempo es de 7 veces el del punto. Todas estas referencias y la propia duración del punto en unidades de tiempo dependerán de la velocidad de transmisión que se utilice.

Código Baudot: *Inventado por Emile Baudot en 1874. Se trata de un código de 5 bits capaz de representar hasta 32 caracteres distintos, pero tiene además 2 de ellos que permiten conmutar entre dos grupos denominados letras y figuras. El grupo de letras contiene el abecedario completo de mayúsculas de la A a la Z, mientras que el grupo de figuras contiene las cifras del 0 al 9, los signos de puntuación y caracteres*

especiales hasta un total de 26.

Código Binario: El proceso de asignar a cada objeto perteneciente a un conjunto una secuencia de bits, o especificar las reglas que lo relacionan, es crear un código binario.

Las señales que maneja un ordenador son señales biestado a las que se asignan los valores 0 y 1, es decir, el ordenador sólo puede trabajar con información binaria. El problema es que la información que maneja el usuario y que le envía al ordenador no tiene por qué ser información binaria. El usuario trabaja con números en base diez y con las letras del abecedario, por ejemplo, y no con ceros y unos. Cualquier objeto se representa en un ordenador mediante una secuencia de bits y, por tanto, es necesario un sistema de codificación que establezca una correspondencia entre la información que se le da a un ordenador y esas secuencias de bit.

objeto1 >> secuencia1
objeto2 >> secuencia2
objeto3 >> secuencia3

Un ejemplo de código binario para las cuatro primeras letras del abecedario podría ser:

A >> 00
B >> 01
C >> 10
D >> 11

El número de objetos diferentes que se pueden codificar con n bits son 2^n (2 elevado a n). Así, con 2 bits podemos codificar como mucho 4 objetos, y con 8 bits (un byte) podemos codificar hasta 256 objetos.

Existen varios criterios genéricos para establecer esta correspondencia que dan lugar a tipos diferentes de códigos. Dichos criterios se denominan sistemas de codificación

Utilidad del Código: Un código se dice que es **útil** cuando existe una correspondencia biunívoca y recíproca entre los símbolos del alfabeto fuente y las palabras del alfabeto destino.

Código Redundante: Cuando existen palabras del alfabeto destino no utilizadas o sin significado o parte de los símbolos podrían no ser necesarios, aunque en general, estos símbolos se utilizan para controlar posibles errores.

PROBLEMAS DE LA TRANSMISION

CONTAMINACIONES DE LA SEÑAL

Durante la transmisión de la señal ocurren ciertos efectos no deseados. Uno de ellos es la atenuación, la cual reduce la intensidad de la señal; sin embargo, son más serios la distorsión, la interferencia y el ruido, los cuales se manifiestan como alteraciones de la forma de la señal. Al introducirse estas contaminaciones al sistema, es una práctica común y conveniente imputárselas, pues el transmisor y el receptor son considerados ideales. En términos generales, cualquier perturbación no intencional de la señal se puede clasificar como "ruido", y algunas veces es difícil distinguir las diferentes causas que originan una señal contaminada. Existen buenas razones y bases para separar estos tres efectos, de la manera siguiente:

Atenuación: Desgaste que sufre la señal de energía ocasionada por la distancia entre el emisor y el receptor. Toda señal eléctrica al ser transmitida por un medio físico o por espacio experimenta una pérdida de potencia denominada atenuación. Se mide normalmente en decibelios por unidad de distancia

La atenuación debe de tenerse en cuenta a la hora de diseñar un circuito por la necesidad que existe de recibir la señal con un nivel suficiente y una baja relación señal – ruido que asegure la calidad de la transmisión.

Distorsión: Es la deformación que experimenta la señal al ser transmitida por un canal debida a la respuesta imperfecta del sistema a ella misma. A diferencia del ruido y la interferencia, la distorsión desaparece cuando la señal deja de aplicarse.

Interferencia: Es la contaminación por señales extrañas, generalmente artificiales y de forma similar a las de la señal. El problema es particularmente común en emisiones de radio, donde pueden ser captadas dos o más señales simultáneamente por el receptor. La solución al problema de la interferencia es obvia; eliminar en una u otra forma la señal interferente o su fuente. En este caso es posible una solución perfecta, sí bien no siempre práctica.

Ruido: Interferencia externa sobre la señal transmitida. Por ruido se debe de entender las señales aleatorias e impredecibles de tipo eléctrico originadas en forma natural dentro o fuera del sistema. Cuando estas señales se agregan a la señal portadora de la información, ésta puede quedar en gran parte oculta o eliminada totalmente. Por supuesto que podemos decir lo mismo en relación a la interferencia y la distorsión y en cuanto al ruido que no puede ser eliminado nunca completamente, ni aún en teoría.

MODELO O.S.I

El modelo de referencia de **Interconexión de Sistemas Abiertos (Open Systems Interconnection)** fue desarrollado por la **ISO (International Organization for Standardization)** a partir de 1.978, intentando definir un conjunto de normas que permitieran interconectar diferentes equipos y posibilitar su comunicación. Este modelo define los servicios y los protocolos que posibilitan la comunicación, dividiéndolos en 7 niveles diferentes, en el que cada nivel se encarga de problemas de distinta naturaleza interrelacionándose con los niveles contiguos, de forma que cada nivel se abstrae de los problemas que los niveles inferiores solucionan, para dar solución a un nuevo problema, del que se abstraerán a su vez los niveles superiores.

Los objetivos de este modelo son 4 básicamente:

- **Ínter conectividad:** Definir las reglas que posibiliten la interconexión física y la transmisión de datos entre diferentes máquinas.
- **Interoperabilidad:** Posibilita el trabajo interactivo entre maquinas, es decir, además de la transmisión de la información, la comprensión y el proceso de la misma.
- **Independencia de Instalación:** El modelo puede ser implementado sobre cualquier arquitectura.
- **Extremos Abiertos:** Que la comunicación no se vea limitada a maquinas que trabajan con el mismo software.

Niveles O.S.I

7. Aplicación
6. Presentación
5. Sesión
4. Transporte
3. Red
2. Control de Enlace Lógico (LLC)
Control de Acceso al Medio (MAC)
1. Físico

7. Aplicación
6. Presentación
5. Sesión
4. Transporte
3. Red
2. Control de Enlace Lógico (LLC)
Control de Acceso al Medio (MAC)
1. Físico

Semántica Datos

Representación Dato

Dialogo Ordenado

Extremo a Extremo

Punto a Punto

Eléctrico /Mecánico

Medio Físico

NIVEL FÍSICO. (Physical Layer)

*El nivel físico es el encargado, primordialmente, de la transmisión de los bits de datos (ceros y unos) a través de los circuitos de comunicaciones. Este es el nivel de comunicaciones físicas de circuitos. En este nivel se revisan tareas básicas como el acoplamiento de los niveles de voltaje, los factores de tiempo, definir si la comunicación es serie o paralela, full duplex o half duplex, reglas para iniciar y establecer la comunicación, así como para terminarla, y estándares en los tipos de conectores. RS-232(A-F) y RS449. Los datos se transmiten en forma de **Bits***

El nivel uno esta relacionado únicamente con el hardware, mientras que los niveles del 2 al 7 están relacionados solo con el software.

Revisaremos los siguientes aspectos:

- Canal (Cableado)
 - ◆ Capacidad
 - ◆ Ancho de Banda
 - ◆ Velocidad de Modulaci3n
 - ◆ Velocidad de Transmisi3n
 - ◆ Relaci3n se1al / Ruido
- Clases de Cableado
 - ◆ Par Trenzado
 - ◆ Coaxial
 - ◆ Fibra 3ptica
- Tipos de Se1ales
 - ◆ Anal3gica
 - ◇ Modulaci3n en amplitud

- ◇ *Modulación en Frecuencia*
 - ◇ *Modulación en Fase*
- ◆ *Digital*
 - ◇ *PCM (Modulación por impulsos codificados)*
- *Tipos de Transmisión*
 - ◆ *Serie*
 - ◆ *Paralelo*
- *Direccionabilidad del Canal*
 - ◆ *Simplex*
 - ◆ *Half Duplex*
 - ◆ *Full Duplex*
- *Tipos de Comunicación*
 - ◆ *Sincrónica*
 - ◆ *Asincrónica*
- *Multiplexión*
 - ◆ *División de Tiempo*
 - ◆ *División de Frecuencia*
- *Conmutación*
 - ◆ *Circuitos*
 - ◆ *Mensajes*
 - ◆ *Paquetes*

CANAL

Capacidad del canal: Es la cantidad máxima de unidades de información que pueden transferirse por unidad de tiempo a través de un canal, la capacidad de Bits por segundo depende de:

- El ancho de banda (W)
- La potencia de la señal (S)
- La potencia del ruido (N)

$$C = W \cdot \text{Log}_2 (1 + S/N)$$

Ancho de Banda: Es el rango de frecuencias a las cuales es permitido transitar por un canal de comunicación, aquellas frecuencias por fuera de este rango se eliminan. Se encuentra relacionado con la cantidad de datos que una línea puede transportar.

Velocidad de Modulación (Vm): Es el número máximo de veces que puede cambiar (conmutar) la señal en el canal, su unidad de medida es el **baudio**.

Velocidad de Transmisión (Vt) : Es el número de elementos binarios (bits) enviados por el canal por unidad de tiempo, su unidad de medida son los bits por segundo.

Relación Señal Ruido (Signal to Noise Ratio): Es la relación entre la cantidad de señal deseada y el ruido no deseado en un punto del cable. (Potencia de la señal sobre la potencia del ruido)

Tipos de cables

El funcionamiento del sistema cableado deberá ser considerado no sólo cuando se están apoyando

necesidades actuales sino también cuando se anticipan necesidades futuras. Hacer esto permitirá la migración a aplicaciones de redes más rápidas sin necesidad de incurrir en costosas actualizaciones de sistema de cableado. Los cables son el componente básico de todo sistema de cableado existen diferentes tipos de cables. La elección de uno respecto a otro depende del ancho de banda necesario, las distancias existentes y el coste del medio.

Cada tipo de cable tiene sus ventajas e inconvenientes; no existe un tipo ideal. Las principales diferencias entre los distintos tipos de cables radican en la anchura de banda permitida (y consecuentemente en el rendimiento máximo de transmisión), su grado de inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y la relación entre la amortiguación de la señal y la distancia recorrida.

En la actualidad existen básicamente tres tipos de cables factibles de ser utilizados para el cableado en el interior de edificios o entre edificios:

- **Coaxial**
- **Par Trenzado (2 pares)**
- **Par Trenzado (4 pares)**
- **Fibra Óptica**

(De los cuales el cable Par Trenzado(2 y 4 pares) y la Fibra Óptica son reconocidos por la norma ANSI/TIA/EIA-568-A y el Coaxial se acepta pero no se recomienda en instalaciones nuevas)

A continuación se describen las principales características de cada tipo de cable, con especial atención al par trenzado y a la fibra óptica por la importancia que tienen en las instalaciones actuales, así como su implícita recomendación por los distintos estándares asociados a los sistemas de cableado.

Cable Coaxial

El cable coaxial para banda base y el cable coaxial para banda ancha son muy parecidos en su construcción, pero sus principales diferencias son: la cubierta del cable, los diámetros y la impedancia.

El cable coaxial para banda base es de 3/8 de pulgada y utiliza una cubierta de plástico, mientras que el cable coaxial para banda ancha es de 1/2 pulgada y esta cubierto de una malla o tela de aluminio y funda protectora de plástico.

Coaxial Grueso (IEEE 802.3 10Base5)

Opera en la transferencia de datos a 10 Mbps en una sola banda (banda ancha) y alcanza distancias máximas de 500m. Transmisión análoga.

Banda Ancha= Frecuencia superior a 4Khz

10= velocidad en Mbps

5= 5 multiplicado por 100

Impedancia 75 !

Frecuencia 300 Mhz

El tipo de conector utilizado es el tipo N

Coaxial Delgado (IEEE 802.3 10Base2)

Opera en la transferencia de datos a 10 Mbps en banda base y alcanza distancias máximas de 185m. Transmisión digital.

10= velocidad en Mbps

Impedancia 50 !

El tipo de conector utilizado es el tipo BNC

Par Trenzado (Twisted Pair) IEEE 10BaseT

Son dos hilos de cobre aislados, generalmente de 1mm de espesor entrelazados en forma helicoidal. La forma trenzada del cable se utiliza para reducir la interferencia eléctrica con respecto a los pares cercanos que se encuentran alrededor (Dos cables paralelos se constituyen en una antena simple, en tanto un par trenzado no). El ancho de banda depende del grosor y la longitud. Se usan tanto para transmisión analógica como digital y es recomendado por la normativa EIA/TIA 568 se divide en:

UTP (Unshielded Twisted Pair)

Utilizado generalmente en el sistema telefónico, por lo general vienen 4 pares de hilos cubiertos por una funda plástica, y algunas veces tienen cubiertas de aluminio para ayudar a incrementar la velocidad de transmisión de datos y protegerlos del ruido

STP (Shielded Twisted Pair)

Cada par se cubre con una malla metálica, de la misma forma que los cables coaxiales, y el conjunto de pares se recubre con una lámina blindada. Se referencia frecuentemente con sus siglas en inglés STP (Shield Twisted Pair, Par Trenzado blindado).

El empleo de una malla blindada reduce la tasa de error, pero incrementa el coste al requerirse un proceso de fabricación más costoso.

Existen varios niveles en este tipo de cable y depende de la velocidad a la que queramos transmitir

Nivel 3.

Este nivel se usa para soportar hasta 10 Mbps y distancias de 90 metros. Generalmente se usa en redes Ethernet que no pretenden utilizar altos volúmenes de transferencia, como pudieran ser imágenes, video etcétera.

Nivel 4.

Este nivel se utiliza para garantizar hasta 20 Mbps y distancias de 100mts. Este tipo de cable puede utilizarse para las tecnologías Ethernet y/o Token Ring 4/16 Mbps. Al igual que la anterior no soporta grandes transferencias de información.

Nivel 5.

Este es el nivel mas usado en la actualidad, debido a que garantiza hasta 100 Mbps y 100 metros de estación a estación . Es el recomendado para la transferencia de imágenes, video, videoconferencias, etcétera.

Entre mayor sea el nivel, mayor son los costos. La diferencia entre ellos es la cantidad de trenzas por pulgada con que cuenta el cable, además de el recubrimiento que se le da a cada uno de ellos.

Especificaciones:

- Distancia máxima 100 metros
- Impedancia 100 !
- Mínimo 2 pares
- Máxima velocidad de transferencia entre 10 y 100 Mbps.

Emplea conectores RJ45

Fibra Óptica

Los cables de fibra óptica se usan para transmitir señales digitales de datos en forma de pulsos modulados de luz. La fibra óptica consiste en un cilindro de vidrio extremadamente delgado, llamado centro (Core) y recubierto de vidrio conocido como Cladding. Se usa tanto en banda base como en banda ancha. Existen dos fibras por cable, una de transmisión y otra de recepción.

La fibra puede transmitir a 100Mbps y no tiene interferencias de ningún tipo, la distancia máxima recomendada es de 1000m.

Tipos: Puede ser unimodo (Single Mode) y multimodo (multimode).

La unimodo se utiliza para grandes distancias y requiere de un láser

La multimodo se usa en distancia mas pequeñas, es mas barata y emplea un diodo emisor de luz (Led). Usa conectores ST y SMA

Transmisión

Para transportar la información de un lugar a otro es necesario contar con unos **Mensajeros: Las Señales**

Que es una Señal?

Todo aquello que sea capaz de indicar información. La variación de un fenómeno físico puede ser utilizada para transmitir información y pueden ser según el medio físico:

- **Señales de corriente o voltaje:** El medio físico lo constituyen Hilos o Cables Eléctricos.
- **Señales Electromagnéticas:** El medio físico podría ser la atmósfera (espacio libre) o la fibra óptica.

Modulación: Técnica por medio de la cual se varían uno o mas de los parámetros de una señal, la **Señal Portadora**, en función de otra, la **Señal Moduladora**, para conducir la **Señal Modulada** que transporta la información a un punto remoto.

- Señal Portadora (**Mensajero**)
- Señal Moduladora (**Información**)
- Señal Modulada (**Mensajero con la información**)

Existen múltiples modalidades de modulación debido a que tanto la señal moduladora como la portadora pueden ser análogas o digitales.

Tipos de Señal

Señal análoga: Usa variaciones (modulaciones) en una señal, para enviar información. Es especialmente útil para datos en forma de ondas como las ondas del sonido. Las señales análogas son las que usan normalmente su línea de teléfono y sus parlantes.



Las señales análogas toman un conjunto infinito de valores en un intervalo de interés.

- El equipo usado para efectuar esta transformación se le denomina genéricamente **Digitalizador**.
- Si la red es análoga y las señales que se desean transmitir son digitales deben ser previamente moduladas.
- Al equipo usado para efectuar esta transformación se le denomina genéricamente **Modem**.
- Debido a la **Atenuación** propia del medio, las señales análogas deben ser **Amplificadas** por consiguiente, el ruido que acompaña a la señal también es amplificado.
- La información esta contenida en la forma de onda que se transmite.

Las señales análogas se pueden modular en:

Amplitud Modulada: Se emplean dos niveles diferentes de voltajes para representar el 0 y el 1 respectivamente.

Frecuencia Modulada: Se utilizan dos o mas tonos diferentes.

Modulación por Fase: La portadora se desplaza en forma sistemática 45,135,225 o 315 grados, en intervalos espaciados de manera uniforme, y para cada uno de estos desplazamientos de fase transmite 2 bits de información.

Señal Digital: Es una corriente de 0 y 1 toman un conjunto finito de valores en un intervalo de interés.

- La información esta contenida en los pulsos codificados que se transmiten.
- Cuando la red es digital y las señales que se desean transmitir son análogas, estas deben ser previamente digitalizadas.
- Debido a la **Distorsión** provocada por el medio, las señales digitales deben ser regeneradas, por consiguiente la señal transmitida mantiene su forma original hasta llegar al destino.

La señal digital se puede modular por:

Modulación por Impulsos Codificados MIC

Pulse Coded Modulation (PCM)

Cuando se habla por teléfono sale una señal análoga normal que después se digitaliza mediante un **Codec** produciendo un numero de 7 u 8 bits. El Codec efectúa 8000 muestras por segundo (125 s /muestra) con este número de muestras es suficiente para capturar toda la información de un ancho de banda de 4Khz.

Tipos de Transmisión.

Serie: Transmisión sobre un canal de una sola línea, la mayoría de las redes de comunicaciones utilizan la transmisión en serie entre terminales y computadoras. En la transmisión serie los bits van uno detrás de otro a través de un cable. Se requiere de una sincronización.

Paralelo: Los datos pueden transmitirse entre ordenadores y terminales mediante cambios de corriente o tensión en un cable, salen un grupo de bits a la vez por varias líneas (Se puede decir que el paralelo es la unión de varias series), o sea cada bit de un carácter se traslada por su propio cable.

Hay una señal llamada **Strobe** o reloj que va sobre un cable adicional e indica al receptor cuando están presentes todos los bits sobre sus respectivos cables para que se pueda tomar una muestra de valores.

La comunicación en paralelo es útil a corta distancia, siendo mas rápida.

Direccionabilidad del canal

Simplex: Transmisión en un sentido, o sea la comunicación se hace de un emisor a un receptor, el cual recibe el mensaje y no puede contestar inmediatamente debido a que solo puede leer el mensaje.

Half Duplex: Transmisión de datos en ambas direcciones, pero una sola dirección a la vez. En cada instante la dirección es en un solo sentido.

Full Duplex: Transmisión y recepción simultanea de señales

Tipos de Comunicación.

Sincronización: Cuando transmitimos en serie en un canal debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Cuando debo interpretar la señal
- Como debo interpretar la señal

El ponerse de acuerdo en estos puntos es lo que llamamos Sincronismo (el emisor informa al receptor sobre los instantes en que se va a transmitir las señales), las comunicaciones pueden ser de tipo Sincrónica o Asincrónica.

Asincrónica: Esta orientada a transmisión de caracteres, la unidad de información (cada carácter) va acompañada de un bit de arranque o cabecera (start) y uno o dos bits de parada o terminación (stop). El bit de arranque tiene funciones de sincronización de los relojes del transmisor y del receptor activando los mecanismos de muestreo, cuenta y recepción de las señales que seguirán. El bit o bits de parada se usan para separar un carácter del siguiente.

Se acostumbra agregar un bit de paridad (par o impar) a continuación de los bits de información. El intervalo de tiempo para transmisión de datos es diferente para cada información, como quien dice **NO existe relación temporal entre el envío de un carácter y el envío del siguiente.**

Una ventaja del asincrónico es la poca pérdida de información en una falla pues transmite de uno a uno, pero esto lo hace lento y no aprovecha toda la línea de transmisión.

Sincrónica: Surge ante la necesidad de obtener un mayor rendimiento en la relación entre los bits útiles y los bits transmitidos. Existen dos relojes, uno en el emisor y otro en el receptor. Esta orientada a la transmisión de bloques de caracteres

La información útil es transmitida entre dos grupos denominados genéricamente delimitadores, siendo el

delimitador de encabezado el que se encarga de sincronizar los relojes. **Los paquetes viajan en el mismo intervalo de tiempo.**

La línea de transmisión siempre esta en actividad, si no se envía información se transfieren caracteres especiales de sincronización y relleno, esta orientada a transmitir bloques de caracteres. La señal de sincronismo en el extremo fuente será común para ambos equipos y en ambos extremos de la línea.

Presenta una mayor velocidad dando un alto rendimiento en la transmisión aprovechando mejor la línea, pero en caso de falla debe retransmitir mayor cantidad de bytes.

Multiplexión

Multiplexar: Es colocar simultáneamente dos o mas transmisiones separadas en un mismo canal. Se puede hacer por frecuencia y tiempo.

Multiplexión por División de Frecuencia (FDM): Consiste en poner a viajar en un canal de comunicaciones señales a diferentes frecuencias. Se aprovecha el ancho de banda disponible del circuito y se le subdivide en subcanales donde cada uno tiene una frecuencia para transmitir los binarios 1 y 0. Para separarlos se utilizan **guarda bandas**

Guarda Banda: Porciones No usadas del ancho de banda que separan cada par de frecuencias de las otras, busca eliminar la interferencia entre subcanales.

Una ventaja es que en un instante de tiempo (t), todos los canales transmiten simultáneamente, pero una vez definidos los subcanales es difícil adicionar mas.

Multiplexión por División de Tiempo (TDM): Comparte el uso del circuito de comunicaciones entre varias terminales donde cada una tiene su tiempo asignado para el uso del canal. En el instante en que una terminal transmite en un tiempo (t) **utiliza todo el ancho de banda del medio**. El tiempo asignado es igual para todos.

Conmutación

Relacionado con la selección de la(s) mejor(es) rutas (trayectorias) que permiten que la información viaje de fuente a destino. La conmutación puede ser:

Conmutación de Circuitos: Establece el camino o ruta antes de transmitir (Quien realiza la llamada determina el destino enviando un mensaje especial a la red con la dirección del receptor de la llamada). Se establece una línea de comunicación directa entre las estaciones a través de la conmutación adecuada de todos los nodos intermedios.

El mensaje solo puede ser enviado cuando quien efectúa la llamada se da cuenta que esta ha sido establecida (ejemplo la telefonía). No es ideal para la transmisión de datos.

Conmutación de Mensajes: En este tipo de conmutación no hay un establecimiento anticipado de ruta entre el que envía y el que recibe. En su lugar cuando el que envía tiene listos un bloque de datos, **éste se almacena** en la primera central de conmutación (IMP) para expedirse después dándose un solo salto a la vez. Cada bloque se recibe íntegramente, se revisa en busca de errores y se transmite con posterioridad.

Conmutación de Paquetes: Es la mas utilizada en la transmisión de datos, en este método los mensajes son divididos en submensajes de igual longitud llamados **Paquetes**. Cada paquete se enruta de manera **independiente** de fuente a destino.

El desensamblaje del mensaje se realiza en el **nodo fuente** antes de proceder a realizar la entrada a la red y cada paquete es colocado dentro de una trama de bits que contiene la información necesaria acerca del paquete:

- Dirección de destino
- Número de secuencia de paquete
- Información para detectar errores

Los paquetes pueden alcanzar el destino por diferentes caminos y orden.

NIVEL DE ENLACE O DATOS (Data Link Layer)

El nivel de datos es donde los bits tienen algún significado en la red, recibe los **paquetes** del nivel de red (Network Layer), los prepara en forma correcta (tramas) para poder enviarlos (transmitirlos) a el nivel físico.

De igual forma sucede cuando recibe bits del nivel físico y tiene que ponerlos correctamente (tramas) para verificar si la información que esta recibiendo esta libre de errores, si vienen en orden, si no faltan algunos de ellos, etcétera, para poder entregarlos al nivel de red sin ningún error.

Dentro de sus funciones se incluyen la de notificar al emisor (computadora remota) si alguna trama se recibió en el mal estado (basura), o si se omitieron algunas de las tramas y se requiere que sean enviadas nuevamente (retransmisión); de igual manera se debe notificar si una trama esta duplicada o llego sin problemas. Es responsable en saber donde comienza la transmisión de la trama y donde termina, así como garantizar hasta que punto las computadoras se encuentran sincronizadas y si emplean el mismo sistema de codificación y decodificación.

El nivel de datos o enlace tiene a su cargo la integridad de la recepción y envío de la información. Los datos se transmiten en forma de **Tramas**.

La **IEEE** en febrero de 1980 normalizo la capa física y de enlace (de datos) y la denominó **802**. Aunque estaban de acuerdo con el modelo **OSI** pensaban que era necesario tratar con mayor detalle esta capa por lo cual la dividieron en dos subniveles: el Control de Acceso al Medio **MAC** (IEEE 802.1) y el Control de Enlace Lógico **LLC** (IEEE 802.2). Estudiaremos:

Sub Capa MAC (IEEE 802.1)

- **Csma/Cd (IEEE 802.3)**
 - ◆ Método No Persistente
 - ◆ Método P Persistente
 - ◆ Método 1 Persistente
- **Token Bus (IEEE 802.4)**
- **Token Ring (IEEE 802.5)**

Control de Enlace Lógico (Logical Link Control–LLC) IEEE 802.2

Sub Capa MAC (IEEE 802.1)

La sub capa MAC es especialmente importante en las LAN (Red de Área Local), dado que casi todas ellas utilizan un canal de acceso múltiple como base para sus comunicaciones (El problema es determinar quien

tiene el derecho de utilizar el canal cuando existe una competición por este). A diferencia de esto una WAN (Red de Área Extendida) utiliza enlaces punto a punto, con excepción de las redes satélite.

El subnivel MAC es el nivel inferior y proporciona a la tarjeta de red de la computadora un acceso compartido hacia el nivel físico. El nivel MAC se comunica directamente con la tarjeta de red y es responsable de la entrega de los datos sin errores entre dos computadores en la red.

Para evitar posibles colisiones los terminales escuchan el medio antes de poder transmitir, esto es lo que denominamos CSMA/CD (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con detección de Colisión).

CSMA/CD (IEEE 802.3) Carrier Sense Acces/Colision Detect.

Método de acceso con análisis de portadora y detección de colisión. Cuando una estación desea transmitir, escucha la información que fluye a través del cable. Si el cable se encuentra ocupado, la estación espera hasta que este en estado inactivo, en caso contrario transmite de inmediato. Si dos o mas estaciones en forma simultanea comienzan a transmitir en un cable inactivo, generara una colisión. Estas estaciones terminaran su transmisión, esperaran un tiempo aleatorio y repetirán de nuevo todo el proceso completo. El método de acceso al medio es **Probabilístico**.

CD (Colisión Detect)

Cuando se ha generado una colisión existen algunos protocolos para reiniciar la transmisión como son:

- Método No Persistente
- Método P Persistente
- Método 1 Persistente.

NO PERSISTENTE

Antes de empezar a transmitir la estación escucha el canal, si nadie esta transmitiendo, la estación empieza a hacerlo sola. Sin embargo, si el canal ya se encuentra en uso, la estación no esta escuchando el canal continuamente, con el propósito de utilizarlo en el momento en que detecte la terminación de la transmisión anterior, si no mas bien, espera un intervalo aleatorio de tiempo para después transmitir el algoritmo.

P PERSISTENTE

Cuando una estación esta lista para empezar a transmitir, escucha el canal; si este se encuentra desocupado, la estación transmite con una probabilidad p .

P = Probabilidad que la estación transmita

$P = 0.25$, se genera un número aleatorio K

Si $K \geq P$

No transmito

Sino

Transmito

Probabilidad = $\frac{1}{4} = \frac{1}{4} = 25\% = 0.25$

N Estaciones 4

Se genera $K = 0.30$ **No transmite**

Se genera $K = 0.20$ **Si transmite**

Si N aumenta, P disminuye.

UNO PERSISTENTE

Cuando una estación desea enviar alguna información, primero escucha el canal para saber si alguien está transmitiendo; si el canal está efectivamente ocupado, la estación espera hasta que quede libre. Cuando la estación detecta un canal libre, empieza a transmitir la trama. Si llega a ocurrir una colisión, la estación espera durante un intervalo de tiempo aleatorio, para después empezar todo de nuevo. A este protocolo se le llama 1 persistente porque la estación transmite con probabilidad 1, cada vez que encuentre el canal desocupado.

$P = 1$

Generar $K < 1$ (Menor que P)

Si $K \geq P$

No transmito

Sino

Transmito

Siempre intenta retransmitir

TOKEN BUS (IEE 802.4)

Paso de Testigo en Bus: Físicamente es un cable lineal o en forma de árbol, al cual se le conectan las estaciones. Estas lógicamente están organizadas en anillo en que cada una de las estaciones conoce la dirección de la estación ubicada a su izquierda y derecha. Cuando un anillo lógico se inicia, la estación que tiene un número mayor es la que puede enviar la primera trama. Después de que esta lo hizo pasa la autorización a su vecino inmediato, mediante una trama de control especial llamada **Testigo** para que este a su vez pueda transmitir la información. El testigo se propaga alrededor del anillo lógico, de tal forma que solo su poseedor está autorizado para transmitir tramas. Como solamente una estación puede tener el testigo a la vez, **no hay posibilidad de colisiones**. El método de acceso al medio es **Determinístico**.

Canal

Coaxial

Banda

Ancha Anillo Lógico

Dirección del Esta estación

Movimiento del No se encuentra Testigo en el anillo Lógico

Presenta cuatro prioridades de tráfico (0,2,4,6) siendo el número cero la prioridad mas baja y seis la mas alta.

TOKEN RING (IEEE 802.5)

Paso de Testigo de Anillo: La información viaja de una estación otra por medio de un token. El token es un mecanismo por el cual se puede transmitir información. Si una estación de trabajo posee el token puede transmitir; sino cuenta con el, tiene que esperar su turno. Debido a que la información viaja por el anillo, el token recorre cada una de las estaciones conectadas a él, de tal forma que al momento de recibirlo, cada una de las estaciones lee el paquete para saber si le corresponde; en caso negativo, lo retransmite al anillo, de la misma forma que trabaja un repetidor, por lo que cada vez que una estación de trabajo lee el mensaje y lo regresa a la red, es un paquete nuevo con la misma información.

Cuando el token regresa a la estación que origino el mensaje, esta verifica que la información haya sido entregada correctamente y entonces libera el token a la siguiente estación de trabajo. Cuando se enciende la red se crea una estación anfitriona que genera el token, si se demora mucho en pasar se genera uno nuevo El método de acceso al medio es **Determinístico**

Estación A declara Token ocupado, adiciona datos y envía a C

Estación B, recibe datos, copia datos, regenera el token y envía a C

Estación C, recibe datos, guarda, regenera el token y lo envía a A

Estación A, compara información enviada con la recibida, si esta bien declara token libre (vacío), sino retransmite.

B

A C

D

FORMATO DE LA TRAMA IEEE 802.3

PREAMBULO	SFD	DESTINO	FUENTE	LONGITUD	INFORMACIÓN	FCS
------------------	------------	----------------	---------------	-----------------	--------------------	------------

Bytes: 7 1 6 6 2 46 – 1500 4

Preámbulo: Campo de 7 bytes con código 10101010. Al transmitir estos datos en codificación Manchester, se genera una señal cuadrada que sirve para sincronizar a los receptores en la red.

Delimitador de Inicio de Trama (SFD: Start Frame Delimiter): Es un byte formado por el patrón 10101011. El último par de bits interrumpe la onda cuadrada formado por el preámbulo y los primeros bits de este byte. Esta interrupción sirve para indicar donde se inician en realidad los campos de información útil.

Dirección Destino (Destination Address): Este campo contiene información de la dirección MAC (Media Acces Control), que es única para toda red debida a que está formada por 6 bytes, de los cuales los 3 primeros son de la compañía que las produce y las tres restantes son el número de serie de la tarjeta. Por ejemplo, el código de Cabletron para Ethernet es 00-00-1b y el número de serie puede ser 00-00-f1 y

juntando ambos bytes, se obtiene la dirección MAC, es decir 00-00-1b-00-00-f1.

Dirección Fuente (Source Address): Contiene la dirección MAC de la computadora que generó la trama.

Tipo de Trama o Longitud (Type or Length): Para Ethernet, este tipo de campo determina qué tipo de trama es la que está enviando; puede ser una trama IP con valor 0800, o X.25 con valor 0805, etcétera, para el campo de longitud, este valor informa de la cantidad de bytes en el campo de información que puede ir de 46 a 1500 bytes.

Información: Contiene la información que viaja de un lugar a otro, en donde la cantidad mínima de la trama es de 64 bytes y la máxima de 1518, esto se debe a que el método de acceso no garantiza una igualdad de la utilización del canal. Dentro de este campo también viaja información relacionada con el protocolo de comunicaciones que se esté usando.

Secuencia de verificación de trama (FCS o CRC): el último campo es un código cíclico de redundancia de 32 bits (cuatro bytes), y está formado por el cálculo o la aplicación de un algoritmo sobre los campos de dirección fuente, destino, tipo o longitud de información; este campo sirve para verificar que la información que se envía sea la misma que se recibe.

El algoritmo de verificación se ejecuta antes de enviar la trama y al momento de recibirla.

FORMATOS DE LAS TRAMAS TOKEN RING IEEE 802.5

Formato de Datos Trama Token Ring

SD	AC	ED
----	----	----

Formato Del Token

Delimitador de inicio (SD): este byte está formado por la secuencia de símbolos jk0jk000.

Control de acceso (AC): este byte está formado por los bits PPPTMRRR.

Bits PPP: estos tres bits indican la prioridad del token o de la trama. Para poder enviar información es necesario tener disponible el token y que la prioridad de la estación sea mayor o igual a la prioridad de token.

Bit T: tiene un valor de 0 en caso de tratarse de un token. Cuando una estación desea enviar información, espera un token con prioridad menor o igual a la prioridad de la trama a transmitir, y cambia el valor del bit a 1. Con esto se forma una secuencia de inicio de trama de forma tal que el token ya no se encuentra disponible para otras estaciones en el anillo.

Bit M: este bit se transmite con un valor de 0. Cuando el monitor activo (Active Monitor) lo transmite, le cambia el valor a 1. También ayuda en la detección y corrección de situaciones en las que un token o trama con alta prioridad circulan indefinidamente.

Bits RRR: en estos bits, una estación puede reservar la prioridad del token siguiente.

Control de trama (FC): este byte está formado por los bits FFZZZZZZ. Los bits FF indican el tipo de trama (MAC o LLC). Los bits ZZZZZZ identifican el subtipo de una trama MAC (son bits de control).

Dirección destino (DA): este campo puede tener una longitud de dos a seis bytes. Todas las direcciones de la red deben tener la misma longitud. El bit I/G indica si se trata de una dirección individual o de grupo; mientras un bit U/L indica si se trata de una dirección administrada universal o localmente (para el caso de direcciones universales se consideran los seis bytes).

Dirección fuente (SA): el formato y la longitud de este campo deben ser iguales a los de la dirección destino (DA) y el bit I/G debe valer 0.

Campo información (INFO): contiene información destinada a las capas MAC o LLC. El tiempo de transmisión no debe ser mayor que el tiempo de posesión del token.

Secuencia de verificación de trama (FCS): estos cuatro bytes contienen información para detectar errores en la transmisión. La secuencia se calcula a partir de los campos FC, DA, SA, INFO.

Delimitador de final (ED): este byte está formado por la secuencia de símbolos jk1jk1IE.

Bit I: puede usarse para determinar el final de la transmisión de la estación. Para la transmisión de una serie de tramas, el bit I toma el valor de 1 en la primera trama y en tramas intermedias. El bit I' cambia a 0 en caso que se transmita una sola trama o cuando se transmite la última trama de una secuencia.

Bit E: este bit se transmite con un valor de 0. Todas las estaciones del anillo analizan las tramas y los tokens que pasan a través de ellas y repiten este bit con el valor que reciben, excepto cuando detectan un error (con ayuda del FCS, por ejemplo). En este caso el bit adquiere un valor de 1.

Estado de trama (FS): este byte está formado por los bits AcrrACrr y ayuda a la estación transmisora a detectar las siguientes condiciones:

- La estación de destino no existe o no está activa.
- La estación del destino existe, pero no copia la trama.
- La trama fue copiada.

Para esto, los bits A y C se transmiten con el valor de 0. Si la estación de destino existe y reconoce su dirección en el campo de dirección de destino de la trama, entonces cambia el valor de los bits A a 1. Si la estación copia la trama, cambia el valor de los bits C a 1.

Para transmitir a 16Mbps el ancho de banda se utiliza al máximo debido a que dos paquetes de datos pueden viajar al mismo tiempo. De ser necesario el envío de un tercer paquete, éste puede ser transmitido después del segundo, pero el sistema de prioridades deja de funcionar.

Control de Enlace Lógico (Logical Link Control) LLC

IEEE 802.2

El Control de Enlace Lógico, es la subcapa superior de la capa de enlace para las mismas tres variantes de la subcapa MAC. Permite dar una interfase uniforme a la capa de red, independientemente de la subcapa MAC usada; ofrece los siguientes servicios:

- Orientados a No Conexión (NOC)
 - Servicio Sin Conexión y Sin Consentimiento
 - Servicio Sin Conexión y Con Consentimiento

- **Orientado A Conexión (OAC)**

Servicio Sin Conexión y sin Consentimiento

Consiste en hacer que la máquina origen transmita tramas independientes a la máquina de destino, sin que esta proporcione un consentimiento. No establece ninguna conexión previa, ni tampoco se libera posteriormente. Si la trama se llega a perder, como consecuencia del ruido en la línea, no se realiza ningún intento por recuperarla en la capa de enlace y se delega esta función a las capas mas altas.

Servicio Sin Conexión y Con Consentimiento

Este sistema NO utiliza conexión pero cada trama enviada se asiente de forma individual, de esta manera el transmisor sabe cuando la trama llega bien al otro extremo. Si la trama no llega dentro de un intervalo de tiempo especificado, entonces puede comenzar a transmitir nuevamente.

Cuando no es orientado a conexión, el control lo ejercen los nodos extremos (emisor – receptor)

Orientado a Conexión

La maquina origen y destino establecen una conexión antes de transmitir algún dato. Cada una de las tramas transmitidas a través de la conexión se numera, y la capa de enlace garantiza que cada trama transmitida sea en efecto recibida. Además, garantiza que cada una de las tramas se reciba, exactamente una vez y en el orden correcto.

Cuando se utiliza un servicio sin conexión, la subcapa LLC acepta paquetes procedentes de la capa de red, y hace lo que puede para transmitirlo a su destino. Aquí no hay asentimientos disponibles y por consiguiente no hay garantía de la entrega. Con el servicio orientado a conexión, primero deberá establecer la conexión entre la fuente y el destino. Mediante el uso de este tipo de servicios, los paquetes de la capa de red pueden transmitirse ordenadamente, garantizando la entrega. La conexión deberá ser liberada cuando ya no sea necesaria.

Cuando es orientada a conexión es responsabilidad de red:

- **Control de Flujo.**
- **Detección de Error.**
- **Secuenciación.**

Desventaja: Siempre necesita un canal establecido

Detección y Corrección de Errores

Debido a los defectos y efectos externos existentes en las líneas de transmisión de datos, siempre se pueden producir errores no deseados en la recepción de una información transmitida. La calidad de una transmisión se mide por la tasa de error, que viene determinada por la relación existente entre el número de bits recibidos de forma errónea y el número de bits transmitidos.

Para entender fácilmente el funcionamiento de un código detector de errores vamos a definir el término distancia entre dos palabras de un código. Se llama distancia entre dos palabras de un código binario el número de bits que difieren entre ambas.

Dadas dos palabras de código cualesquiera, es posible determinar cuantos bits correlativos difieren llevando a cabo una operación OR –EXCLUSIVA entre las dos palabras de código y contando luego la

cantidad de bits con valor uno (1) como resultado. Debemos conocer primero la tabla de la verdad de esta compuerta lógica antes de realizar los ejemplos, la tabla queda como sigue a continuación:

Tabla de Verdad X Y F

Or Exclusiva 0 0 0

0 1 1

1 0 1

1 1 0

Ejemplo: 10101010

10011000

00110010 Cantidad de unos (1)= 3 (Distancia)

10001001

10110001

00111000 Cantidad de unos (1)= 3 (Distancia)

La distancia de un código binario es la menor de las distancias entre dos palabras cualesquiera del mismo. En general para que un código pueda detectar errores su distancia debe ser superior a 1, puesto que en caso de tener distancia 1 los errores en un bit darían una palabra válida en el código.

Códigos Detectores de Errores.

Se incluye suficiente redundancia para permitir al receptor deducir que ocurrió un error pero no que tipo de error por lo que tiene que solicitar una retransmisión. Un código de este tipo es el de control de paridad.

Código de Control de Paridad: Es un código detector cuya distancia es 2, por lo que permite detectar errores de un bit en cada palabra.

Se obtiene un código de paridad añadiendo a cada palabra un bit denominado Bit de Paridad. Se utiliza un determinado criterio consistente en contabilizar el número de bits a 1 que existen en la palabra. Existen 2 tipos de código de paridad:

Paridad Par: El número de bits a 1 en cada palabra es par y se coloca un 0 de control.

Paridad Impar: El número de bits a 1 en cada palabra es impar y se coloca un 1 de control.

Ejemplo Paridad Par:

Bit Paridad

Información = 4 unos

Paridad Par = 0

Bit Arranque Bit Parada

Ejemplo Paridad Impar:

Bit Paridad

Información = 3 unos

Paridad Impar = 1

Bit Arranque Bit Parada

En el código anterior se podrán detectar errores de 1 o 3 bits. Si agrupamos los caracteres en bloques, se puede aumentar la protección detectando y hasta corrigiendo errores utilizando un bit de paridad por carácter que forman el control de paridad vertical y se añade un carácter por bloque que configura el control de paridad horizontal.

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

Bits de Paridad Vertical

Bit Paridad Cruzada

Bits de Paridad Horizontal

Código Hamming

En la segunda fila de la siguiente tabla se presenta una secuencia de bits

(0s y 1s) codificados de acuerdo con los códigos Hamming, en dicha secuencia se ha producido un error pues se tenía que haber recibido 0010 0111 010.

¿cómo detecta este código dónde se ha producido el error ?

Bits 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11

Recibidos 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1

Procedemos de la siguiente forma, sabemos que los códigos Hamming son los que ocupan potencias de dos, esto es:

$2^0 = 1$, que depende de 1,3,5,7,9,11

que valen 0,1,0,1,0, 1 => 1

$2^1 = 2$, que depende de 2,3,6,7,10,11

que valen 0,1,1,1, 1, 1 => 1

$2^2 = 4$, que depende de 4,5,6,7

que valen 0,0,1,1 => 0

$2^3 = 8$, que depende de 8,9,10,11

que valen 1,0, 1, 1 => 1

Comprobamos que tomando este número sale el número binario 1011 que nos indica que se ha producido el error en el bit 11(Posición 11). Leemos de abajo hacia arriba.

Se deben conocer los binarios naturales para establecer las posiciones de los bits de paridad. A continuación la representación del ejemplo anterior del proceso de localización de un error.

Trama Enviada: 00100111010 Trama Recibida (TR): 00100111011

Introducir los datos de Derecha a Izquierda