

WUOLAH



Enriquem98_489139

www.wuolah.com/student/Enriquem98_489139



167

Apuntes Redes TI.pdf

Resumen Tema 1 de Redes de Computadores



2º Redes de Computadores



Grado en Ingeniería Informática



Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos
UPM - Universidad Politécnica de Madrid



MÁSTER EN DATA SCIENCE

¿Quieres ser el **profesional más
demandado** del siglo XXI?

www.cunef.edu

Tema 1:

1.- Conceptos básicos de transmisión de datos:

Un **sistema** es un elemento direccionable dentro de una red, es decir, un elemento con una dirección individual y única en dicha red, que le identifica y que permite diferenciarlo del resto de sistemas.

Dos tipos de sistemas:

- **Los sistemas finales:** son aquellos situados en los extremos de una comunicación.
- **Los sistemas intermedios:** son aquellos que hacen de intermediarios entre dos sistemas finales y se encargan de dirigir o encaminar las unidades de datos en función de la dirección del sistema destinatario de dichos datos.

Un **protocolo de comunicaciones** es el conjunto de reglas que rigen el diálogo entre entidades que realizan las mismas funciones.

Los sistemas cuentan con unos elementos especializados llamados **entidad**, que son los encargados de manejar los diferentes protocolos. Una entidad utiliza un protocolo concreto para comunicarse con la entidad equivalente del sistema remoto. Además, las entidades de un mismo sistema también colaboran entre sí apoyándose en las interfaces de comunicación de las otras entidades.

Una **interfaz de comunicación** es el medio de conexión funcional entre dos entidades independientes dentro de un mismo sistema, mediante la cual se pueden enviar y recibir los diferentes tipos de datos.

Más formalmente, se puede definir interfaz como el conjunto de reglas que rigen el diálogo entre entidades, dentro de un mismo sistema, con funciones diferentes.

Una **red** es un conjunto de sistemas, tanto finales como intermedios, que permite el intercambio de información entre los mismos.

La red de ordenadores más simple que se puede concebir es la formada por dos ordenadores unidos a través de un cable especial llamado cable cruzado, que es el medio físico compartido en este caso.

Diferentes concepciones de red:

- **Redes de Datos (o redes físicas):** Estas redes engloban a aquellas que proporcionen cualquier tipo de servicio de comunicaciones (voz, datos, vídeo, etc.). Por ejemplo, una red de cable Ethernet o una red inalámbrica WiFi.
- **Redes de Ordenadores/Computadoras (o redes abstractas):** Están formadas por la interconexión de redes de datos.

La interconexión de dos o más redes se realiza a través de un sistema intermedio al que se denomina **router o dispositivo de encaminamiento**. La interconexión de redes requiere que los sistemas que participan dispongan de un sistema de direccionamiento que permita **tanto identificarlos como encaminar los datos**. Asimismo, se necesita que los sistemas compartan el conjunto de protocolos de comunicaciones, lo que permite la interoperabilidad entre diferentes sistemas finales.

Los **Equipos Terminales de Datos (ETD)** son los sistemas finales que participan en la comunicación. Por lo tanto, son aquellos que hacen de fuente o destino de la información.

La **fuente** es todo sistema o recurso del que va a surgir determinada información, y más concretamente, los datos de una comunicación. Dichos datos se encaminan a un destino, que es el receptor final de la información.

Los **Equipos Terminales de Circuito de Datos (ETCD)** son aquellos sistemas encargados de transformar los datos de la fuente en señales adecuadas para poder transmitirlos a través del sistema de transmisión hasta el destino.

Los ETCDs pueden actuar como **transmisores o receptores**. Un **transmisor** es todo equipo que se encarga de enviar datos según un sistema de transmisión y empleando un protocolo acordado entre este equipo y el equipo **receptor**, que se encarga de recibir los datos e interpretarlos a través del protocolo de envío y el sistema de transmisión acordado.

Comunicación: se define como el proceso mediante el cual se transmite información entre dos sistemas.

Los datos a transmitir pueden ser **analógicos o digitales**. Los **datos analógicos** toman valores en un determinado **intervalo continuo**, como la temperatura medida por un sensor; sin embargo los **datos digitales** toman **valores discretos**, como los valores 0 ó 1, o los enteros de 0 a 255.

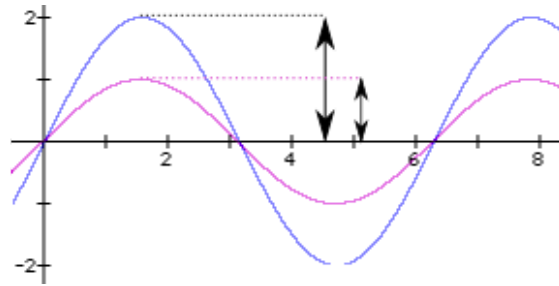
Para transmitir dichos datos se utilizan **señales electromagnéticas**.

Las **señales digitales** son aquellas que están representadas por funciones matemáticas que pueden tomar un **número finito de valores** en cualquier intervalo de tiempo, es decir, toman **valores discretos**.

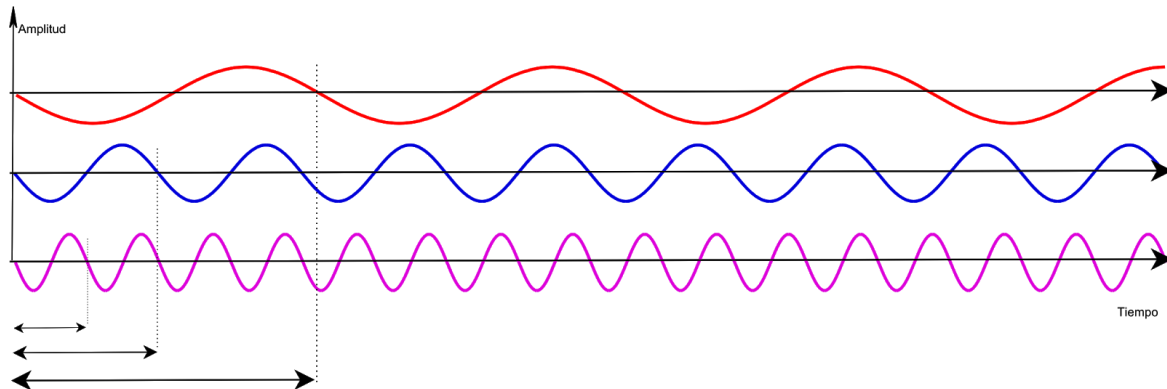
Las **señales analógicas** son aquellas señales representadas por funciones matemáticas que pueden tomar un **número infinito** de valores en cualquier intervalo de tiempo, es decir, que, en un instante cualquiera, pueden tomar un valor cualquiera, solo limitado por la potencia máxima de la señal a la que se puede transmitir.

Los **parámetros** más significativos que definen una señal son la **Amplitud** (es el máximo valor que toma la señal respecto al origen), la **Frecuencia** (es el número de oscilaciones completas de la señal durante un cierto período de tiempo) y la **Fase** (indica el punto que ha alcanzado la señal en su ciclo).

La **amplitud** pico es el valor máximo que una señal analógica puede alcanzar. En virtud de esa amplitud se pueden tener distintos tipos de señales, tal y como se muestra a continuación.



La **frecuencia** es la velocidad de cambio de la señal analógica respecto al tiempo. Una frecuencia alta indica que el tiempo que transcurre hasta que la función que rige la señal se repite es bajo. Si ese tiempo es mayor, la frecuencia será menor, tal y como se indica en la siguiente figura.



La **fase** describe el ángulo inicial de la función sinusoidal que describe la señal, en el instante de tiempo 0. La señal puede en ese instante tener una forma u otra, como se ilustra en la figura, donde las señales tienen un desplazamiento de fase de valor θ .

Cualquier señal periódica es resultado de la suma de muchas señales sinusoidales (en algunos casos un número infinito de ellas), cada una con su amplitud, frecuencia y fase propia. Si la señal no es periódica se puede asumir que lo es y tiene un período infinito.

Esta forma de ver una señal como la suma de distintas señales sinusoidales permite ver cualquier señal no ya en función del tiempo (estudiando como cambia la señal en cada instante), sino en función del conjunto de señales sinusoidales en las que se descompone. Cada una de estas señales sinusoidales recibe el nombre de **armónico** y al primero de todos ellos se le denomina **armónico principal**. Se cumple el hecho de que la frecuencia del armónico principal es función directa de la velocidad con la que cambia la señal, y de que todos los demás armónicos resultan tener frecuencias múltiplo de la frecuencia de este armónico principal (su frecuencia es el doble, el triple, etc.). Existen por tanto dos formas equivalentes de representar una señal cualquiera:

5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...

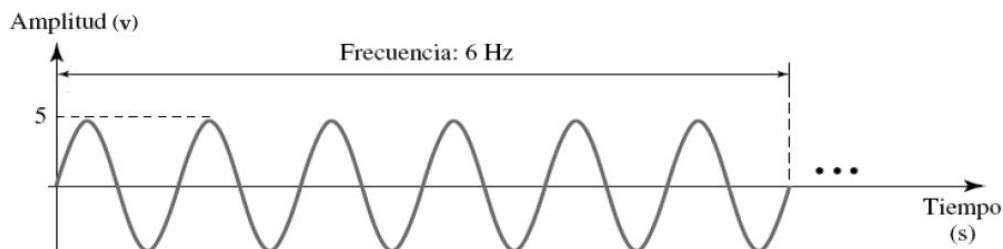


Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

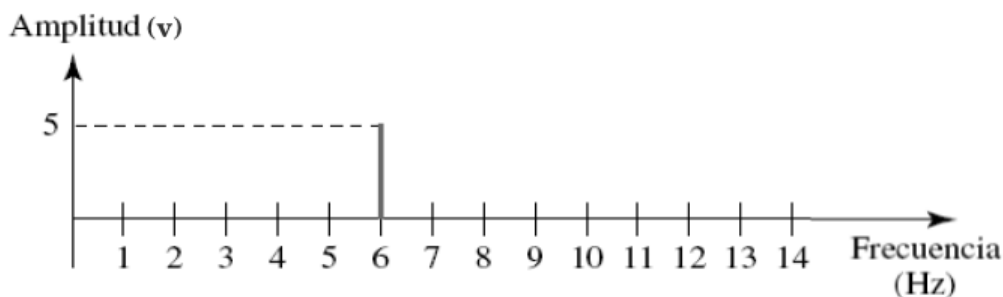
CONTROL
Feel make Feel

Síguenos

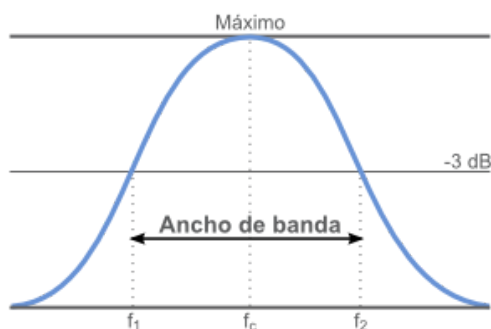
- **Representación en el dominio del tiempo:** consiste en representar los cambios de la amplitud de la señal en función del tiempo. En la siguiente figura se representa una señal de 5v de amplitud y 6 Hz de frecuencia en el dominio del tiempo.



- **Representación en el dominio de la frecuencia:** consiste en representar la amplitud de los armónicos en los que se descompone una señal en función de la frecuencia. A continuación se muestra la representación en el dominio de frecuencia de la misma señal anterior, de 5v de amplitud y 6Hz de frecuencia. Si esta señal contase con más de un armónico, sus valores de pico aparecerían en cada una de las frecuencias de esos armónicos.



El **ancho de banda** en una señal analógica es la longitud, medida en Hz, del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la energía de la señal. Se define como **espectro** de una señal analógica al conjunto de frecuencias que la constituyen. **La anchura de este espectro se denomina ancho de banda.**



CONTROL
Feel make Feel

Bilbao BBK Live
Bilbao

Festival de les Arts

CABO DE PLATA

WUOLAH

El rango de frecuencias contenido en una señal compuesta es el ancho de banda de dicha señal, el cual es normalmente la diferencia entre dos valores, la frecuencia más alta y la más baja contenidas en la señal.

Si por ejemplo una señal contiene frecuencias entre 1000 y 5000 Hz, su ancho de banda es $5000 - 1000 = 4000$ Hz.

Una señal de una sola frecuencia tiene un ancho de banda mínimo.

Como la frecuencia del armónico principal depende de la velocidad a la que cambia la señal y las frecuencias del resto de armónicos son múltiplos de este primer armónico, **cuanto mayor es la velocidad a la que cambia la señal más ancho de banda se necesita para transmitir un número constante de armónicos.**

Por ejemplo, si el primer armónico tiene una frecuencia de 1Hz el octavo tendrá una frecuencia de 8Hz, mientras que si el primero tiene una frecuencia de 1MHz el octavo la tendrá de 8MHz.

2.- Medios de transmisión:

Los principales medios de transmisión empleados en la actualidad son:

- **Par trenzado**
- **Cable coaxial**
- **Fibra óptica**
 - **Multimodo:** de forma que existen varias formas de enviar haces de luz por el medio. (Conexión de sistemas a distancias cortas)
 - **Monomodo:** donde el haz se propaga de una única forma posible, paralela al eje de la fibra. (Conexión de sistemas distantes)
- **Medios inalámbricos**

Los distintos medios de transmisión descritos se pueden clasificar:

- **Según su naturaleza:**
 - **Guiado:** establece un camino físico entre una fuente y un destino concretos
 - **No guiado:** permite la interconexión de fuentes y destinos que estén próximos
- **En función de su disposición física:**
 - **Punto a punto**
 - **Multipunto**
- **En función del intercambio de datos:**
 - **Símplex:** las señales se transmiten en una sola dirección, por lo que una estación es siempre transmisora y la otra siempre receptora.
 - **Semiduplex:** ambas estaciones pueden transmitir, pero no simultáneamente.
 - **Dúplex:** las estaciones pueden transmitir de forma simultánea.

Características de un medio de transmisión:

La **potencia** empleada para transmitir la señal, la **banda de frecuencias** en que se transmite la señal, la cantidad máxima de **ruido** admisible, etc. **Estos factores limitan la distancia máxima a la que se pueda reconocer la señal, a la máxima velocidad alcanzable.**

Estas características son la **velocidad de señalización**, el **ruido** existente en un canal, y la **capacidad** de dicho canal.

La **Velocidad de Transmisión** es el número de bits enviados durante un periodo de tiempo, y representa la velocidad a la que se puede transmitir la información.

La Velocidad de Transmisión es igual a $1/T$ siendo T el tiempo necesario para transmitir 1 bit. La velocidad de transmisión se mide en bits por segundo (Bits/s ó bps).

$$C = \frac{1}{T} \text{ bps}$$

La **Velocidad de Señalización** es el número de cambios de estado que puede sufrir la señal por unidad de tiempo. La Velocidad de Señalización es la inversa de T_s , siendo T_s el tiempo mínimo entre dos cambios de la señal. La Velocidad de Señalización se mide en baudios.

$$V = \frac{1}{T_s} \text{ baudios}$$

El número de bits transmitidos por cada cambio de la señal es:

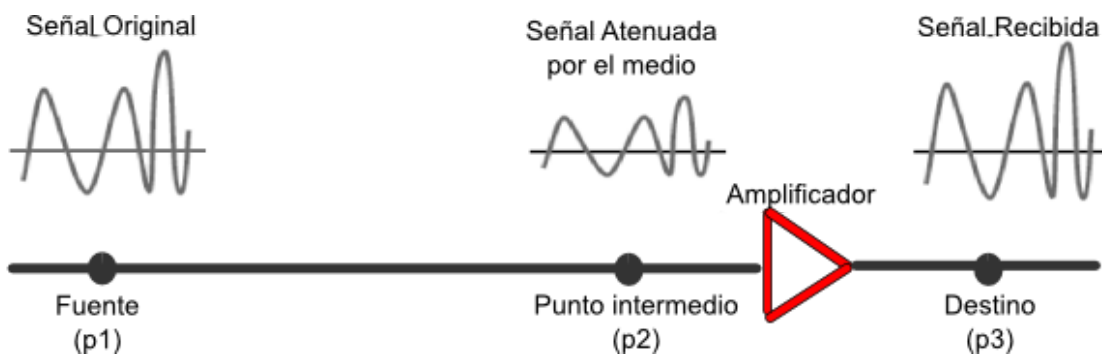
$$n = \log_2 N$$

De esta forma, la velocidad de transmisión (medida en bps) se puede obtener como la velocidad de señalización (en baudios) multiplicada por el número de bits transmitidos en cada cambio de señal:

$$C = V * \log_2 N$$

Perturbaciones en la transmisión:

- **Atenuación:** consiste en la disminución en amplitud de la corriente o potencia de una señal durante su transmisión entre dos puntos. Cuando una señal se desplaza por el medio físico, pierde parte de su fuerza electromagnética para vencer la resistencia del medio de transmisión. Esto produce que la señal recibida sea más tenue, y que a menudo sea necesario emplear amplificadores, tal y como ilustra la siguiente figura.



La atenuación de la señal se mide en decibelios, y mide la potencia relativa de la señal en dos puntos distintos, 1 y 2. La atenuación se expresa como:

$$atenuación_{(dB)} = 10 * \log_{10} \frac{Pot_2}{Pot_1}$$

Siendo el punto 2 más lejano respecto del origen que el punto 1, por lo que $Pot_2 < Pot_1$

La atenuación por tanto depende del medio de transmisión, y suele expresarse en función de la distancia que separa al equipo emisor y al equipo destino, de forma que es habitual encontrar que un parámetro estudiado en los medios de transmisión es la atenuación en dB que se produce por cada unidad de distancia cubierta (**dB/m ó dB/km**).

La atenuación en **señales analógicas se corrige con amplificadores**, mientras que en **señales digitales se corrige mediante regeneradores**.

- **Distorsión:** se produce debido a que el medio físico se comporta de forma diferente para señales de distinta frecuencia (diferentes atenuaciones y/o velocidades de propagación). La distorsión se produce en una señal compuesta, formada por varias frecuencias.

5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...



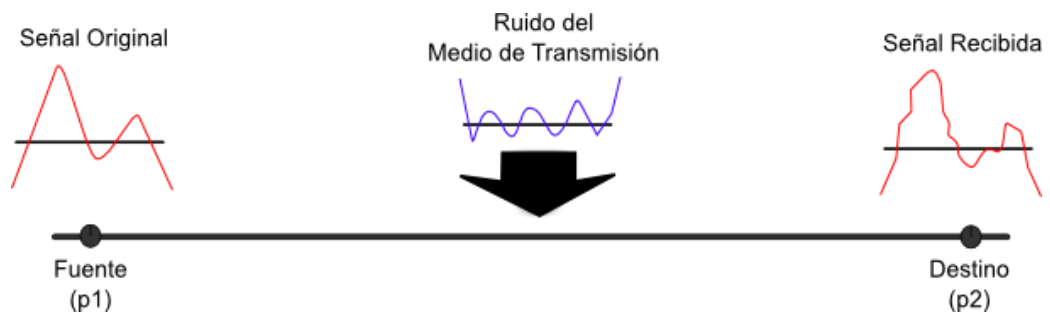
Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

CONTROL
Feel make Feel

Síguenos

CONTROL
Feel make Feel

- **Ruido:** consiste en señales no deseadas que pueden combinarse con la señal transmitida, y que por tanto provocan que la señal recibida sea diferente a la que se ha enviado. En la siguiente figura se ilustra el efecto de un ruido sufrido en el medio de transmisión.



Para cuantificar el grado en que este ruido puede afectar a una transmisión, se emplea el concepto de relación señal/ruido (S/R), la cual define la potencia relativa entre la señal y el ruido medidos en un punto determinado del medio de transmisión. La relación señal/ruido se expresa en decibelios y se calcula con la siguiente fórmula:

$$S/R_{(dB)} = 10 * \log_{10} \frac{Pot_{señal}}{Pot_{ruido}}$$

De esta forma, una S/R alta implica un bajo nivel de ruido, y por tanto una buena calidad de la señal.

Toda transmisión analógica está sometida a ruido, y para sobreponerse a este problema es necesario amplificar la señal original, reconstruirla (aunque no se puede reconstruir dicha señal por completo en el caso de señales analógicas) o emplear medios de transmisión que estén más protegidos del ruido, tales como la fibra óptica, o cableado aislado.

Bilbao BBK Live
Bilbao


Festival de les Arts

CABO DE PLATA

WUOLAH

Capacidad de un canal:

La **capacidad de un canal** se define como la velocidad máxima a la que se puede transmitir por dicho canal bajo unas condiciones dadas. Se mide en bits por segundo (bps) y depende del ancho de banda disponible y de la calidad de dicho canal (Ej: ruido).

Canales sin ruido (Teorema de Nyquist):

El teorema de Nyquist define la máxima velocidad de transmisión teórica para canales sin ruido, en los que la única limitación viene impuesta por el ancho de banda del canal. Nyquist demostró que dado un canal con ancho de banda W , **la máxima velocidad de transmisión de la señal que se puede alcanzar es de $2W$** .

Si la señal es binaria, el teorema de Nyquist demostró que **por un canal ideal** de ancho de banda W se puede transmitir información digital a una velocidad máxima de **$V = 2W$ bps**.

Si se emplean sistemas de codificación de datos que permitan transmitir varios bits por cada nivel de la señal, la capacidad del canal puede expresarse como:

$$C = 2 * W * \log_2 N \text{ bps}$$

Donde N es el número de niveles que puede tomar la señal.

Por tanto, según las expresiones anteriores, **se puede incrementar la capacidad del canal incrementando el ancho de banda o el número de niveles de la señal.**

Canales con ruido (Teorema de Shannon):

La realidad demuestra que todos los canales tienen ruido.

El teorema de Shannon, basándose en el teorema de Nyquist, definió una fórmula para determinar la máxima capacidad teórica de un canal en función del ancho de banda del medio y de la relación señal/ruido del mismo. Según Shannon, la máxima capacidad de un canal se obtiene de la siguiente manera. Partiendo del teorema de Nyquist, como el número de niveles transmitidos se ve limitado por el ruido, Shannon estableció que **el número de niveles significativos es:**

$$N = \sqrt{1 + S/R}$$

Si sustituimos dicha expresión en la fórmula de Nyquist y se simplifica, se obtiene:

$$C = W * \log_2(1 + S/R) \text{ bps}$$

Si el nivel de ruido fuese nulo (relación señal/ruido infinita), el número de niveles podría ser tan grande como se deseara.

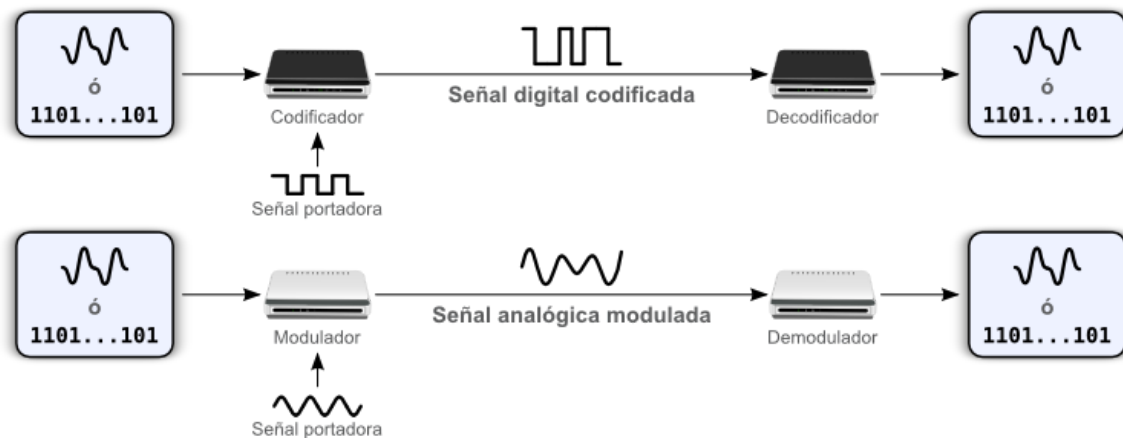
Pero si el ruido no es nulo, el número de niveles queda limitado por la posibilidad de cometer un error al decidir entre uno u otro nivel.

3.- Técnicas de transmisión:

Tanto la información analógica como la digital pueden ser transmitidas mediante señales analógicas o digitales. De esta forma, datos de tipo analógico pueden transmitirse mediante una señal analógica o digital, y datos digitales puede igualmente transmitirse mediante ambos tipos de señales.

Cuando se emplean señales analógicas, la transmisión en sí recibe el nombre de **transmisión analógica**, mientras que si se emplean señales digitales se denomina **transmisión digital**.

En la siguiente figura se muestran estos dos tipos de transmisiones, así como los elementos que intervienen en ellas



Es posible por tanto, realizar una transmisión digital de datos digitales o de datos analógicos, en cuyo caso la transmisión recibe el nombre de **codificación**, o realizar una transmisión analógica de datos digitales o de datos analógicos, en cuyo caso la transmisión recibe el nombre de **modulación**.

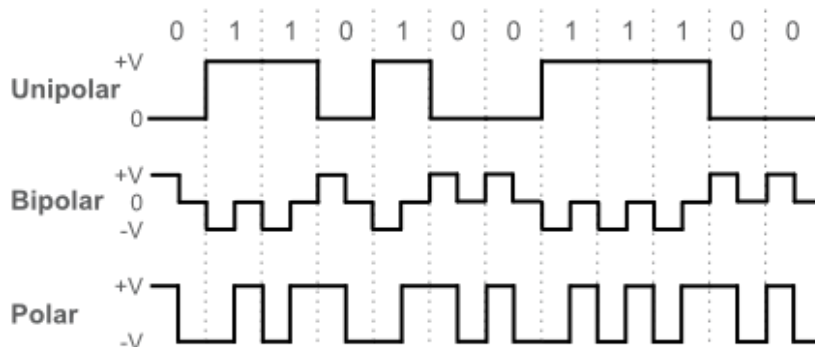
Transmisión digital:

Se define la **codificación** como el proceso que establece la correspondencia entre los datos a enviar y los elementos de la señal digital transmitida.

Transmisión digital de datos digitales:

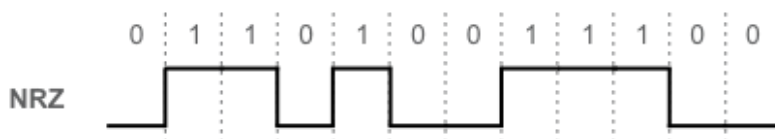
En **función de los niveles** de corriente utilizados para representar los valores, la codificación puede ser de distintos **tipos**:

- **Unipolar**: codificación en la que un valor (por ejemplo, 1) es representado por un valor de señal distinto de 0, mientras que una señal a 0 representa el otro valor (por ejemplo, el 0).
- **Polar**: codificación que utiliza dos valores de voltaje distintos de cero, generalmente uno positivo y otro negativo, para representar los valores binarios
- **Bipolar**: codificación que emplea 3 niveles distintos de voltaje, dos niveles opuestos y un nivel neutro al que retornar.



Una vez escogido el tipo de codificación, se debe escoger el **método o esquema de codificación**, que indica **cómo se utilizan los diferentes valores de la señal**. Por tanto, cada tipo de codificación descrito (unipolar, bipolar o polar) puede luego emplearse con cualquiera de los siguientes métodos:

- **NRZ (No Return to Zero)**: La forma más frecuente de transmitir señales digitales es mediante la utilización de un nivel de tensión diferente para cada dígito binario. Cada nivel lógico 0 y 1 toma un valor distinto de tensión, que se mantiene constante durante la duración del bit.



5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...



Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

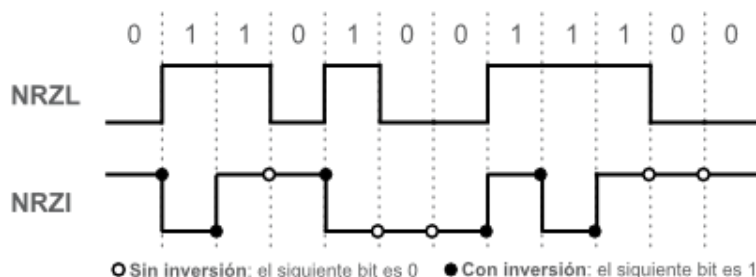
CONTROL
Feel make Feel

Síguenos

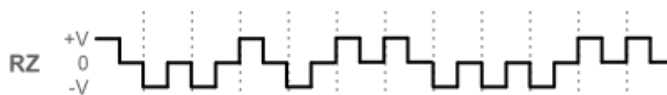
CONTROL
Feel make Feel

Los códigos NRZ tienen dos versiones de codificación diferentes:

- **NRZL**: donde el voltaje determina el valor del bit.
- **NRZI (No Return to Zero Inverted)**: en el que la señal no cambia si se transmite un 0, y se invierte si se transmite un 1.



- **RZ (Return to Zero)**: Surge para resolver un problema del método NRZ: cuando se intenta transmitir con NRZ una larga secuencia de bits que no producen transiciones en la señal, provoca que el emisor y el receptor pierdan la sincronización. Para solucionarlo, la técnica RZ fuerza que haya cambios en la señal durante cada bit. **Si el bit es uno**, la primera mitad de la celda estará a V. **Si el bit es cero**, la primera mitad de la celda estará a algún valor de tensión distinto de V (dependiendo de la codificación usada). **La señal vale cero en cualquier otro caso.**



Los métodos NRZ y RZ requieren que emisor y receptor se sincronicen con precisión para enviar la señal y muestrearla en destino en el momento correcto, para reconocer cada bit enviado. Para no depender de esta sincronización, surgieron otros métodos de codificación que utilizan 2 fases: en cada bit se puede obtener la señal de reloj, lo que hace posible una sincronización precisa del flujo de datos. **Su inconveniente es el de requerir el doble de ancho de banda.** Estos mecanismos de dos fases son:

- **Mánchester**: Los valores lógicos no se representan como niveles de la señal, sino como transiciones en mitad del bit. Una transición de bajada de tensión representa un cero y una transición de subida representa un uno. Esta codificación siempre presenta un cambio de señal en mitad del intervalo, lo que sirve para ofrecer sincronización junto con la señal de datos. De esta manera, la señal le ofrece al receptor unos datos y además un mecanismo de sincronización.

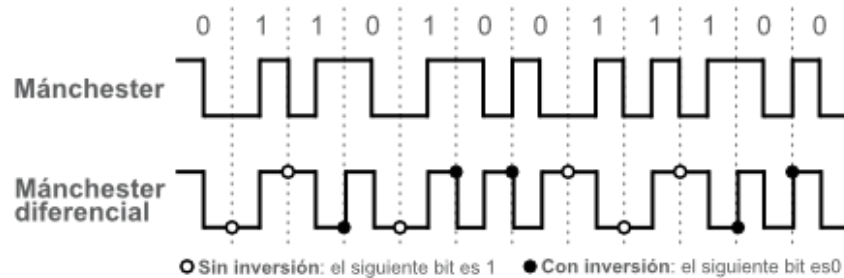
- **Mánchester diferencial**: En esta técnica la transición a mitad del intervalo se utiliza tan sólo para proporcionar sincronización. La codificación del dato binario se representa por la presencia o ausencia de una transición al comienzo del bit: si el siguiente bit es 0, hay una transición; si el siguiente bit es 1, no la hay.

Bilbao
BBK Live

Festival de les Arts

CABO DE PLATA

WUOLAH



Codificación multinivel:

Hacen uso de información emitida redundante para asegurar la sincronización de emisor y receptor y/o para poder detectar errores inherentes a la transmisión realizada. El uso de alguna de estas técnicas es independiente del tipo de codificación (Unipolar, polar, bipolar) y del método de codificación (NRZ, RZ, Manchester, etc.) empleado.

Estas técnicas **consisten en dividir el flujo de datos en grupos de m bits, y sustituir estos m bits por n bits**. El grupo de m bits se denomina **palabra**, mientras que el grupo de n bits resultante se denomina **código**. De esta forma, **suelen enviarse más bits n que los m bits originales**, siendo estos bits metainformación útil para sincronizar al receptor o para detectar errores provocados por el medio de transmisión.

Para poner nombre a estas técnicas se sigue un esquema de nombrado común, formado por dígitos y letras de la forma **mBnL**, donde **m es el número de símbolos de B valores de entrada, y n es el número de símbolos de L valores de salida. B o L son letras que representan símbolos binarios (B), ternarios (T) o cuaternarios (Q).**

Entre los más utilizados están el esquema 2B1Q, que recibe dos símbolos binarios y genera un símbolo cuaternario, 4B5B, que genera 5 símbolos binarios partiendo de 4 símbolos también binarios; 8B6T, que para cada 8 bits de entrada genera 6 símbolos ternarios.

Transmisión digital de datos analógicos:

Este proceso se denomina **digitalización** y puede realizarse mediante el mecanismo de **Modulación por Impulsos Codificados (MIC, o PCM del inglés Pulse Code Modulation)**.

Primero se **muestrea** la señal:

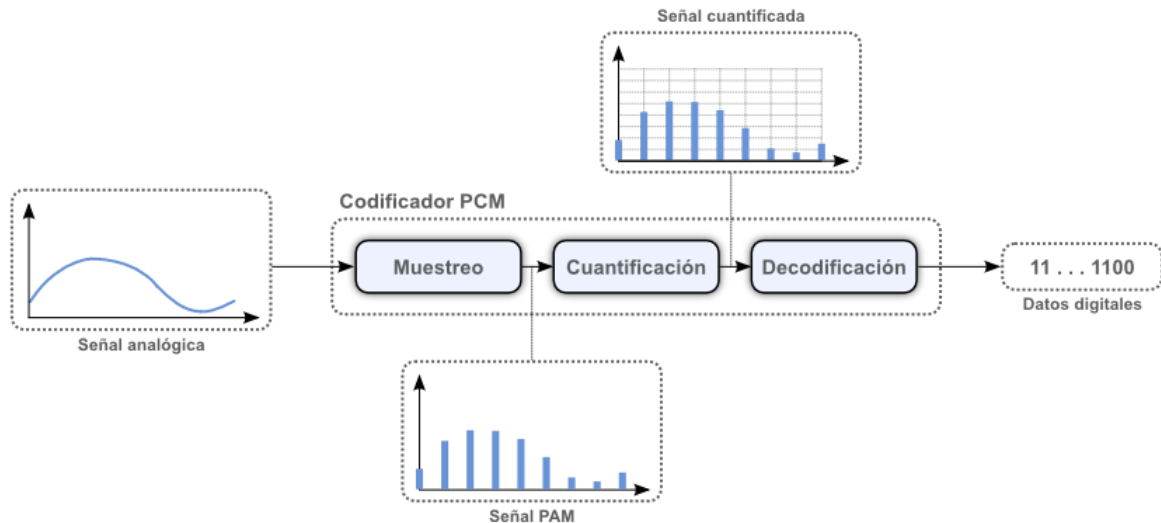
Teorema de la teoría de muestreo: si una información que es una magnitud expresada como una función continua en el tiempo, se muestrea instantáneamente a intervalos regulares a una frecuencia que sea al menos dos veces la frecuencia más alta de dicha información, las muestras obtenidas contienen toda la información original.

$$f = 2W$$

El paso siguiente es la operación de **cuantificación**. El conjunto de impulsos modulados en amplitud, que se obtiene como consecuencia del muestreo, presenta la característica de que la amplitud de tales impulsos varía de forma analógica, o lo que es lo mismo, pudiendo adoptar cualquier valor.

Por último, la tercera operación básica es la **codificación**. Consiste en sustituir cada valor cuántico (entero) resultante del proceso de cuantificación por una palabra del código de n bits de transmisión y se manda por la línea. Se obtiene así, por último, un tren de impulsos de amplitud fija.

El **códec** es el dispositivo encargado de realizar las tres etapas descritas: **muestreo**, **cuantificación** y **codificación**.



Al número de bits que transmite el códec en este proceso se le denomina **régimen binario**, que corresponde al número de bits que se transmiten por segundo a través del enlace de datos.

$R_b = f * \text{numero de bits/muestra} \text{ bps}$ donde f hace referencia a la frecuencia de muestreo.

Transmisión analógica:

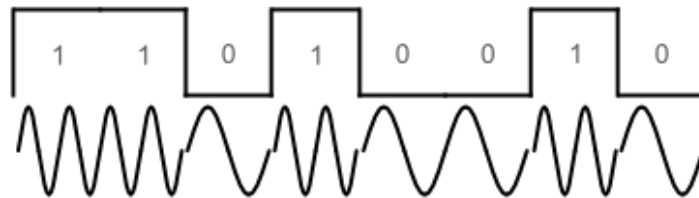
El proceso por el cual se obtiene una señal analógica a partir de unos datos digitales es conocido como **modulación**. Esta señal modulada se transmite y el receptor debe realizar el proceso contrario, denominado **demodulación**, para recuperar la información.

Transmisión analógica de datos digitales:

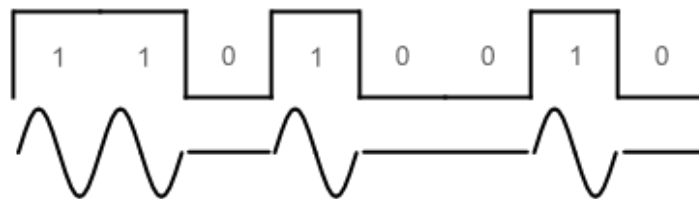
El **módem** es el encargado de modular los datos de la fuente, y para ello empleará algún esquema de modulación que involucrará a uno o más de los parámetros característicos de la señal portadora: la amplitud, la frecuencia y la fase.

Técnicas simples de modulación:

- **FSK (Modulación por desplazamiento de la frecuencia):** en ella los dos valores binarios, 0 y 1, se representan mediante dos frecuencias diferentes próximas a la frecuencia portadora. Se modifica por tanto la frecuencia de la portadora según el valor de bit a transmitir.



- **ASK (Modulación por desplazamiento de la amplitud),** los dos valores binarios se representan mediante dos amplitudes diferentes de la portadora. Es usual que una de las amplitudes sea cero, y de esta forma, un dígito binario se representará mediante la presencia de una portadora de amplitud constante, y el otro mediante la ausencia de portadora. La técnica ASK suele emplearse para transmitir datos digitales en fibras ópticas.



5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...



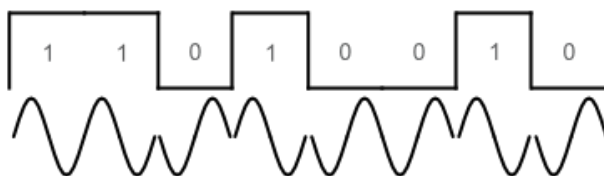
Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

CONTROL
Feel make Feel

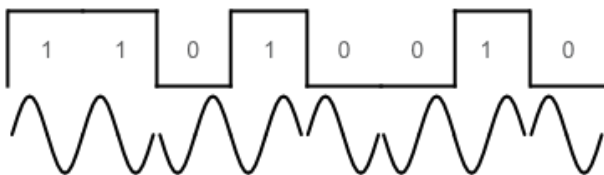
Síguenos

CONTROL
Feel make Feel

- **PSK (Modulación por desplazamiento de fase)**, la fase de la señal portadora se desplaza para representar los datos digitales. La frecuencia y la amplitud se mantienen constantes mientras que la fase de la portadora se varía para representar los bits uno y cero con distintos ángulos de fase. Para representar los dos datos digitales se utiliza una señal, y la misma señal desfasada 180°.



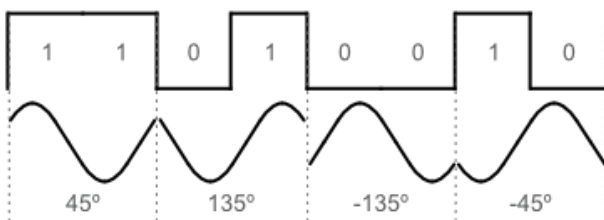
- **DPSK (Modulación diferencial por desplazamiento de fase)**: es una variante de PSK en el que la fase que representa un bit depende de la fase del bit anterior. Por ejemplo, la representación de un bit 0 provoca un desfase de 180° a la portadora, mientras que la representación de un bit 1 no realiza cambios en la portadora.



Técnicas de modulación multinivel:

Permiten transmitir más de 1 bit en cada cambio de parámetro de la onda portadora.

- **QAM (Modulación de amplitud en cuadratura)**: La modulación en cuadratura es una técnica en la cual se transmiten dos señales portadoras, sobre la misma línea; para que las señales no interfieran se envían con un desfase de 90 grados, de donde viene el nombre de cuadratura. Cada señal portadora transporta parte de la información mediante la modulación pertinente. Esto permite alcanzar velocidades mayores de transmisión de datos. QAM, combina la PSK con la modulación en amplitud ASK.
- **QPSK (PSK en cuadratura)**: Utiliza dos modulaciones PSK separadas, una en fase (fase 0°) que codifica los bits pares, y otra desfasada un cuarto de fase (90°), y que codifica el resto de bits (los impares). El resultado de la suma de ambas señales es una única onda sinusoidal, pero con desfases de 45°, -45°, 135° y -135°. Puesto que hay 4 fases distintas, cada cambio de fase representa dos bits, por lo que se envían 2 bits por cada cambio de señal.



Bilbao BBK Live

Festival de les Arts

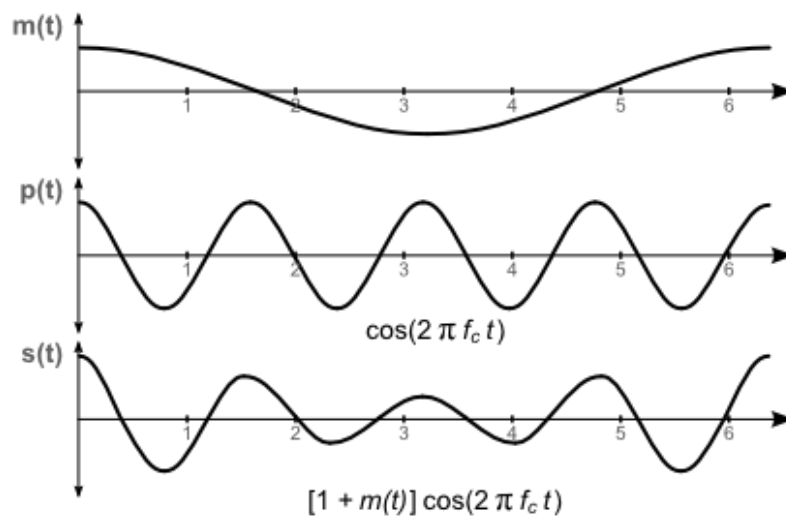
CABO DE PLATA

WUOLAH

Transmisión analógica de datos analógicos:

Las técnicas empleadas para llevar a cabo este tipo de transmisión analógica son equiparables a las explicadas para datos digitales. Para transmitir la señal analógica de la fuente, el Equipo Terminal de Circuito de Datos **debe combinar continuamente la señal que será transmitida y la onda portadora**, de manera que **la onda que transmitirá será una combinación de la onda portadora y la señal transmitida** (como ejemplos de este tipo de modulaciones se pueden citar las modulaciones AM y FM usadas en las emisoras de radio).

En la siguiente figura se muestra un ejemplo del funcionamiento de la modulación AM.



4.- Distribución de ancho de banda:

Para optimizar el uso de la capacidad del enlace, en determinadas ocasiones se puede necesitar combinar varios canales de bajo ancho de banda para dar forma a un canal con un ancho de banda mayor. En otras, sin embargo, lo que se busca es evitar al máximo las interferencias y garantizar que los datos lleguen a su destino sin ser interceptados por usuarios intermedios. Para dar respuesta a estas necesidades existen dos mecanismos fundamentales: **la multiplexación y el espectro expandido.**

Multiplexación:

La multiplexación es una técnica que permite combinar las señales de varias fuentes para **conseguir un uso eficiente del ancho de banda.** En otras palabras, es una técnica que permite transmitir de forma simultánea múltiples señales analógicas o digitales a través de la compartición de un único enlace de datos, aprovechando al máximo la capacidad del mismo.

Para llevar a cabo esta tarea se emplea un dispositivo conocido como multiplexor, el cual combina los flujos de las diferentes líneas de entrada en un único flujo (**multiplexación**), y los separa de nuevo los flujos y los redirige a sus correspondientes líneas en la salida (**demultiplexación**).

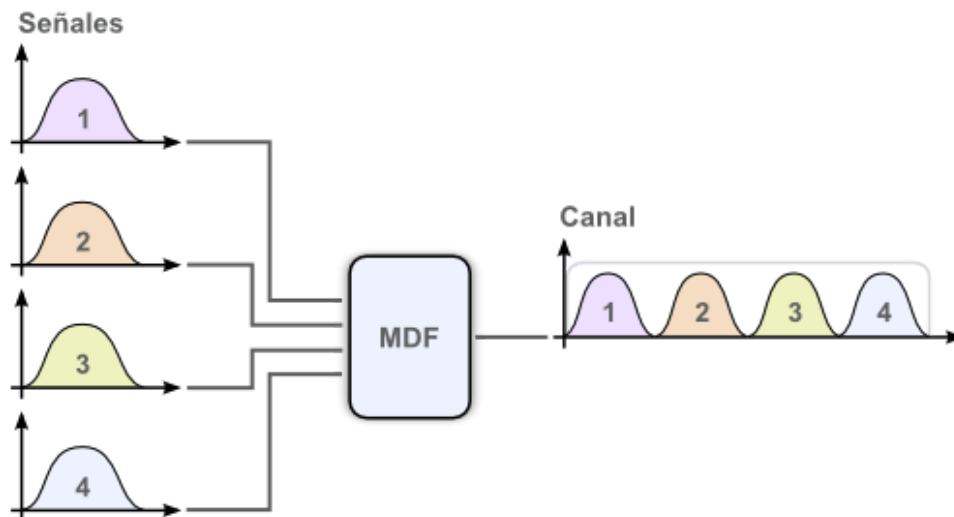
Un aspecto importante que se debe tener claro a partir de ahora es que cuando se haga referencia a “**enlace**”, se está haciendo referencia al camino físico por el que se transmiten los datos, mientras que cuando se hable de “**canal**” se está refiriendo a la porción de un enlace que transporta una comunicación entre un par concreto de líneas. **Por tanto, un enlace puede estar formado por muchos canales.**

Existen dos técnicas básicas de multiplexación, **multiplexación por división en frecuencia y multiplexación por división en el tiempo**, si bien existen otra técnica la cual se pueden encuadrar dentro de las anteriores: **multiplexación por división de longitud de onda como un caso particular de la primera.**

Multiplexación por división en frecuencia: (FDM)

Las señales que se desean transmitir, generadas por diferentes dispositivos fuente, ocupan el mismo espectro de frecuencias. **El multiplexor modula** (utilizando FSK) dichas señales utilizando distintas frecuencias portadoras, **las cuales se combinan a continuación en una única señal compuesta que será la que se transmita por el enlace.**

A cada señal modulada se le asigna un subconjunto de frecuencias del enlace de datos, dando lugar a lo que se conoce como **canal**. Estos canales, para evitar que se solapen unos con otros, se separan con porciones de ancho de banda sin utilizar, llamadas **bandas de guarda**.

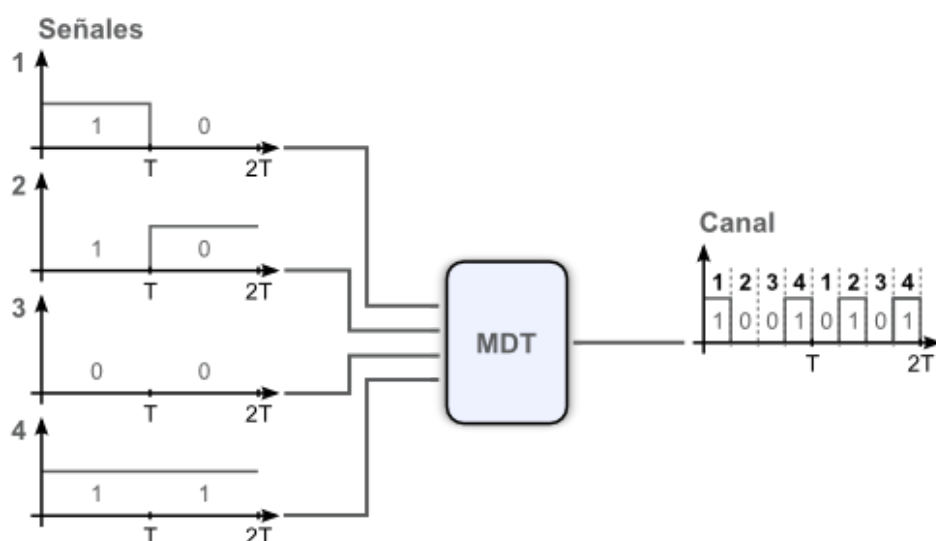


Una vez la señal multiplexada alcanza el extremo donde se debe **demultiplexar**, el multiplexor utiliza una serie de filtros que permiten descomponer dicha señal en las diferentes señales que la forman, para a continuación **demodularlas** y separarlas así de sus portadoras, obteniendo las señales originales, las cuales se redirigen hacia sus líneas de salida.

Multiplexación por división en el tiempo: (TDM)

Diferentes conexiones con señales digitales pueden compartir un mismo enlace, pero en esta ocasión aprovechando todo el ancho de banda disponible y no sólo una parte del mismo como en FDM. Para ello, esta técnica comparte el enlace asignando un intervalo de tiempo en el que cada conexión puede utilizarlo.

El tiempo asignado para que cada línea de entrada transmita su información (un bit, un carácter, o un bloque de datos) se denomina **canal**.



5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...



Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

CONTROL
Feel make Feel

Síguenos

CONTROL
Feel make Feel

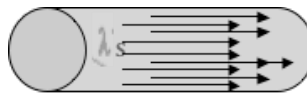
Las **tramas**, que conforman las unidades de información que se van a enviar por el enlace, están formadas por tantos canales como líneas de entrada haya, estando las posiciones de estos canales prefijadas de antemano.

Como el multiplexor obtiene datos cada T segundos, debe encapsularlos en la trama y enviar esta última por el enlace en ese mismo periodo de tiempo T . De esta forma, el multiplexor es capaz de transmitir una trama antes de recibir los datos necesarios para procesar la siguiente. Por tanto, la duración de transmisión de cada trama es T , lo que implica que **los canales van a tener una duración de transmisión de T/n segundos, siendo n el número de líneas de entrada.**

Dicho de otra forma, para garantizar la transmisión de los datos, el régimen binario (bps) en el enlace debe ser n veces mayor o igual que el existente en la línea de entrada.

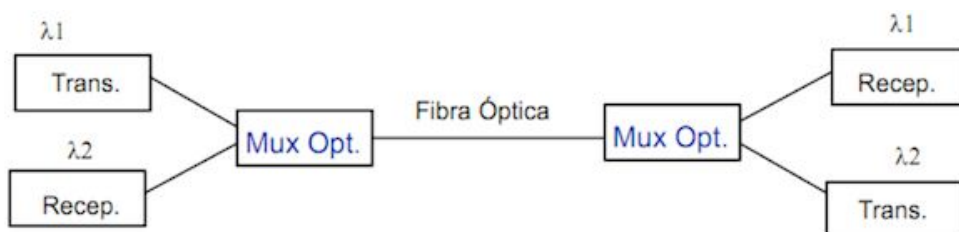
Multiplexación por división de longitud de onda (WDM):

Permite transmitir diferentes señales ópticas sobre una misma fibra óptica empleando varias portadoras con diferentes longitudes de onda (y, por tanto, diferentes frecuencias). En esta técnica, los multiplexores son multiplexores ópticos.



Puesto que las frecuencias de las señales que viajan a través de una fibra son distintas, también lo son sus longitudes de onda (λ).

Se denomina λ a cada una de las señales que se transmiten por una fibra.



Se considera que un sistema WDM es denso (DWDM) cuando la separación entre las longitudes de onda es menor a 2 nm.

Bilbao BBK Live
Bilbao


Festival de les Arts

CABO DE PLATA

WUOLAH

Espectro Expandido:

Con objeto de usar transferencias inalámbricas se busca:

- Minimizar las interferencias sufridas por ruido casual o provocado por emisores malintencionados
- Evitar la interceptación de los datos por parte de usuarios intermedios
- Mejorar la recepción de la información por parte del receptor, aunque existan varios usuarios independientes emitiendo a la vez

El espectro expandido persigue conseguir que una comunicación **sea resistente a las interferencias externas y a la interceptación**. Para ello, va a ser **necesario emplear un ancho de banda mayor que el que exige realmente la comunicación en sí**, con lo que se va a perder ancho de banda en favor de aumentar la seguridad/fiabilidad de la transmisión.

Si la estación emisora requiere un ancho de banda W para llevar a cabo el envío de datos, la técnica de espectro expandido va a utilizar un ancho de banda W_{ss} cumpliéndose que **$W_{ss} > W$** .

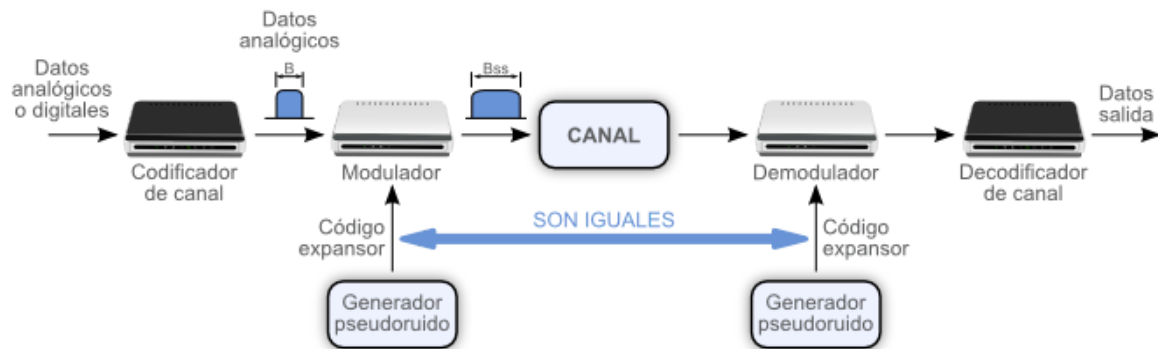
Por tanto se consigue que:

- Inmunidad ante interferencias
- Ocultar/cifrar la señal ante intrusos
- Permitir que usuarios independientes usen el mismo ancho de banda y el mismo medio (el aire) sin interferir unos con otros. Se combinan señales de varias fuentes, como en la multiplexación, pero el objetivo fundamental es que múltiples emisores utilicen simultáneamente el mismo ancho de banda sin necesidad de coordinarse entre ellos

Dos tipos:

- **Espectro expandido por salto en frecuencias**: transmite una señal sobre una serie aparentemente aleatoria de frecuencias portadoras distintas, saltando de una frecuencia a otra provocando que posibles intrusos pierdan el rastro de la comunicación y les sea imposible escucharla o interferirla usando una frecuencia constante.
- **Espectro expandido por secuencia directa**: es una variante más moderna en la que cada bit de la señal original se representa con un código de varios bits en la señal transmitida. Esto impide que los intrusos puedan descifrar la señal original y minimiza los efectos de interferencias casuales o intencionadas.

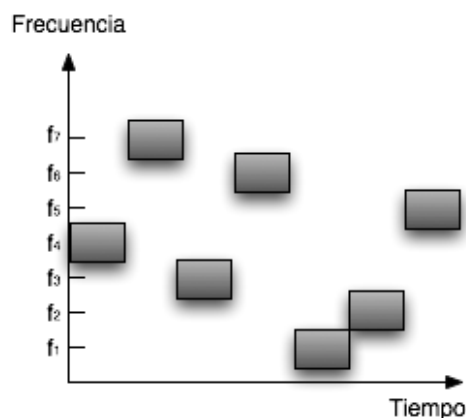
Ambas técnicas de espectro expandido permiten transmitir datos analógicos o digitales, haciendo uso de una señal analógica, según el esquema mostrado a continuación.



La señal de espectro expandido, una vez expandida, puede coexistir con otras comunicaciones en un mismo enlace, ya que éstas sólo implican un pequeño incremento en el ruido. Cualquier otra comunicación simultánea no es más que una fuente de interferencias, y la técnica de transmisión por espectro expandido fue diseñada para resistir cualquier tipo de interferencia.

Espectro expandido por salto de frecuencias:

Esta técnica se basa en emplear M frecuencias portadoras distintas entre ellas, y en cada instante de la comunicación, ir cambiando la transmisión de una frecuencia portadora a otra, para evitar que un intruso pueda seguirnos el rastro entre salto y salto.



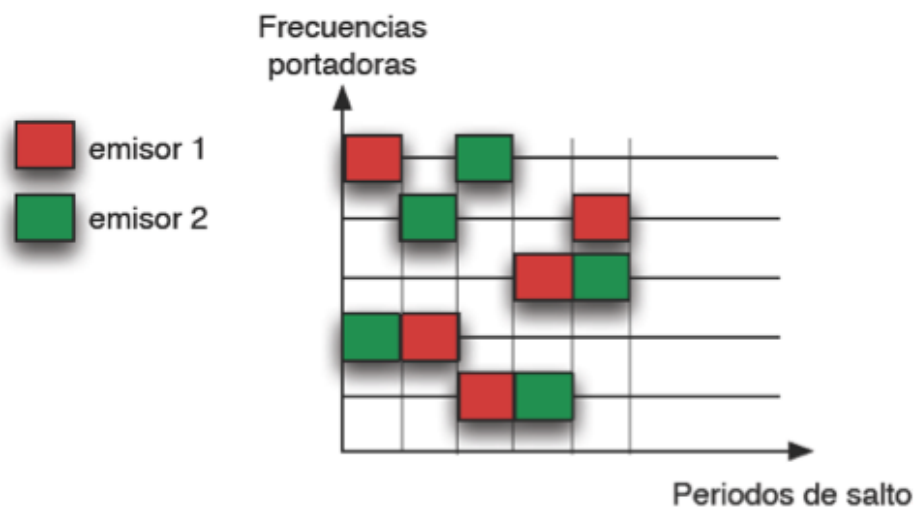
El ancho de banda del medio de transmisión empleado al usar esta técnica va a ser mucho mayor que el ancho de banda normalmente requerido para transmitir dicha señal.

Imaginemos que el emisor puede transmitir en una frecuencia de 100 kHz, y sin embargo, se va a usar un rango de frecuencias de 2000 a 9000 kHz para permitir que el emisor transmita sobre una serie de radiofrecuencias aparentemente aleatoria. Se cumple que $B_{ss} = \text{de } 2000 \text{ a } 9000 \text{ kHz} \gg W = 100 \text{ kHz}$, es decir, **se “desaprovecha” ancho de banda a favor de aumentar la seguridad y fiabilidad de la transmisión**. El receptor captará el mensaje saltando de frecuencia en frecuencia transmisora ya que comparte la secuencia de

saltos con el emisor, y sabe en qué frecuencia escuchar en cada momento. Todos los receptores no autorizados escucharán una señal ininteligible, ya que sólo conseguirían unos pocos bits de la comunicación, pero no saben dónde buscar el resto. Además, si el intruso emitiera un ruido por una frecuencia dada (por ejemplo 7000 kHz), **ese ruido solo afecta a un conjunto pequeño de datos de la transmisión, sin interferir en el resto.**

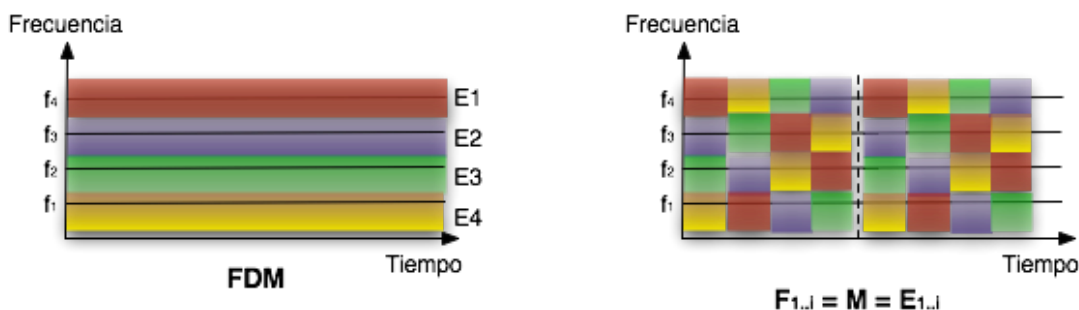
Finalmente, cabe destacar que **el desaprovechamiento del ancho de banda que provoca esta técnica es muy amplio cuando una sola estación se encuentra emitiendo datos.**

Sin embargo, si existen más estaciones emisoras, es posible multiplexar sus comunicaciones con saltos por frecuencias que no emitan por la misma frecuencia portadora en el mismo intervalo de tiempo. En la siguiente figura, se muestra un ejemplo en el que dos estaciones saltan por las mismas frecuencias sin colisionar la una con la otra.



Si hay M frecuencias de salto se pueden llegar a multiplexar M estaciones emisoras, usando una modulación coordinada entre ellas.

De hecho, empleando esta multiplexación es fácil comprobar que los saltos de frecuencias de las M estaciones emisoras por M frecuencias portadoras ofrecen resultados similares a una multiplexación FDM (multiplexación por división de frecuencias), pero añadiendo seguridad ante intrusos.



5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...



Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

CONTROL
Feel make Feel

Síguenos

CONTROL
Feel make Feel

Espectro expandido por secuencia directa:

En ella se expande el ancho de banda de la siguiente forma: cada bit de información se sustituye por n bits, que en esta técnica se van a denominar chips. Cabe destacar que **la tasa de transmisión de estos chips es n veces la tasa de envío de los bits originales.**

El emisor y el receptor de la transmisión compartirán un código de expansión que permitirá transformar cada 1 ó 0 de información en un conjunto de n chips, y a su vez revertir la traducción para obtener los datos originales.

El uso más extendido de éste tipo de técnicas es el llamado Acceso Múltiple por División por Código (DCMA del inglés Code Division Multiple Access). **CDMA** es una implementación de espectro expandido por secuencia directa en el que cada bit se sustituye por un código de expansión (o su inverso).

A continuación se muestra un ejemplo simplificado donde el número de chips es 6, y se pretenden transferir 3 bits de datos:

Código: 1, -1, -1, 1, -1, 1

Datos: 1 0 1 (3 bits)

Transmisión 1,-1,-1,1,-1,1 -1,1,1,-1,1,-1 1,-1,-1,1,-1,1 (18 chips)

Como puede comprobarse, se transmite el código de expansión por cada bit "1" encontrado en los datos, y el código invertido por cada bit "0".

El receptor decodifica la transmisión calculando el resultado de multiplicar los valores recibidos por el código del emisor (bit a bit) y sumando los resultados (producto escalar)

Transmisión 1,-1,-1,1,-1,1 -1,1,1,-1,1,-1

Código: 1,-1,-1,1,-1,1 1,-1,-1,1,-1,1

Resultado: 1+1+1+1+1+1 -1-1-1-1-1-1

Si el resultado es 6 se ha transmitido un 1, si es -6 se ha transmitido un 0

Bilbao BBK Live

Festival de les Arts

CABO DE PLATA

WUOLAH

5.- Técnicas de transmisión de datos digitales:

La **sincronización** consiste en permitir que los tiempos de funcionamiento de dos sistemas distintos lleven el mismo ritmo, de forma que puedan realizar tareas complementarias de manera coordinada y simultánea.

Tres niveles:

1. **Sincronización a nivel de bit:** Debe reconocerse el comienzo y el fin de cada bit.
2. **Sincronización a nivel de carácter o palabra:** Debe reconocerse el comienzo y el final de cada unidad de información, como puede ser un carácter o una palabra transmitida.
3. **Sincronización a nivel de bloque o mensaje:** Debe reconocerse el comienzo y el final de cada bloque de datos (conjunto de palabras o caracteres).

Los diferentes tipos de sincronización pueden conseguirse de dos maneras diferentes: mediante técnicas de transmisión **síncrona o asíncrona**.

Se emplearán técnicas de **detección y corrección de errores** que conllevarán generalmente reenvíos de datos perdidos o extraviados.

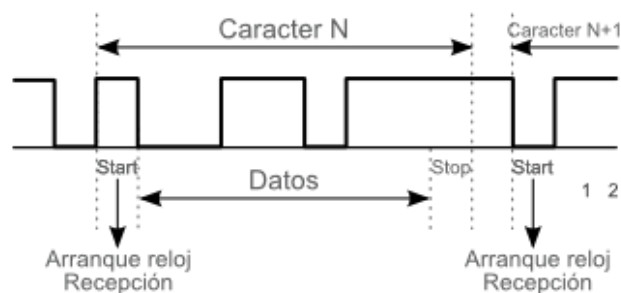
Transmisión Asíncrona:

Cada carácter se envía de forma independiente al resto. Al inicio de un nuevo carácter se añade al menos un bit de comienzo. Éste alerta al receptor del inicio de ese nuevo carácter.

La **transmisión asíncrona** se da lugar cuando el proceso de sincronización entre emisor y receptor se realiza en cada palabra de código transmitido. Esta sincronización se lleva a cabo a través de unos bits especiales que definen el entorno de cada código.

En este tipo de transmisión, el receptor no sabe con precisión cuándo recibirá un carácter (y de aquí su denominación de asíncrona). Cada carácter transmitido está delimitado por al menos un bit de información, denominado "**de cabecera**" o "**de arranque**", y al menos otro bit denominado "**de terminación**" o "**de parada**".

El **bit de arranque** tiene las funciones de sincronización de reloj, al identificar el inicio del carácter en el origen y en el destino, mientras que el **bit de parada** se usa para indicar que ha finalizado carácter.



Partiendo desde la línea de transmisión en reposo (cuando tiene el nivel lógico 1), el emisor informa al receptor de que va a llegar un carácter. Para ello, antepone al menos un bit de arranque (Start) con el valor lógico 0. Una vez que el bit Start llega al receptor, este disparará un reloj interno y se quedará esperando por los sucesivos bits que contendrá la información del carácter transmitido por el emisor.

Una vez que el receptor recibe todos los bits de información, se añadirá al menos un bit de parada (Stop) de nivel lógico 1, que repondrá en su estado inicial a la línea de datos, dejándola así preparada para la transmisión del siguiente carácter.

Este tipo de transmisión se utiliza con velocidades de modulación relativamente bajas (típicamente velocidades del orden de kilobits).

Las ventajas y desventajas de este modo asíncrono son las siguientes:

- En caso de la existencia de errores, siempre se produce la pérdida de una cantidad pequeña de caracteres, pues éstos se sincronizan y se transmiten de uno en uno.
- Se da un bajo rendimiento de transmisión, dada la proporción de bits útiles y de bits de sincronismo que hay que transmitir por cada carácter.
- Son especialmente aptos cuando no se necesitan lograr altas velocidades.

Transmisión síncrona:

Permite que el origen y destino colaboren adecuadamente durante transmisiones de bloques de información largos, en los que la técnica asíncrona presenta carencias.

La **transmisión síncrona** es una técnica que consiste en el envío de una trama de datos (conjunto de caracteres o de bits) que conforma un bloque de información, comenzando con un conjunto de bits de sincronismo (uno o varios caracteres o una secuencia especial de bits) y terminando con otro conjunto de final de bloque (uno o varios caracteres o una secuencia especial de bits).



La trama comienza con un delimitador (**carácter o flag**) de inicio, que permite coordinar al emisor con el receptor, a la vez que habilita que el receptor sepa cuándo muestrear la línea. El final del bloque (trama) se delimita empleando un carácter de fin o **el mismo delimitador (flag) empleado para delimitar el inicio**, indicando al receptor que la información acaba y que por tanto puede finalizar su muestreo.

Tras el delimitador de inicio, aparecerán algunos **campos de control** que permitirán que cuando el protocolo lo exija, se envíe información adicional entre extremos. También **es posible encontrar cabeceras de control al final de la trama, tras los datos a enviar**. Por último, aparece el campo de los datos que el emisor envía al receptor.

Técnicas de detección y corrección de errores:

Los errores producidos en la transmisión pueden ser **errores de bit** o **errores de ráfaga**. Los errores de ráfaga son más comunes porque, normalmente, la duración del ruido o perturbación en la línea es muy superior al tiempo de transmisión de un único bit.

Para poder detectar o corregir errores de transmisión el emisor introduce una carga extra en la transmisión, denominada **redundancia**. Esta redundancia implica transmitir bits extra junto a los datos, y es eliminada por el receptor.

Existen diversas técnicas para detectar y corregir este tipo de errores, las cuales se clasifican en función del mecanismo de control de errores al que se pueden aplicar:

- **ARQ (Automatic Repeat Request)**
- **FEC (Forward Error Control)**

ARQ se basa en detectar los errores a su recepción, generalmente mediante códigos de paridad o códigos polinómicos, solicitando al origen que retransmita los datos dañados. El mecanismo **FEC, sin embargo, permite que el destino detecte y corrija** los errores producidos en la transmisión, puesto que incorpora un mayor nivel de redundancia que permite reconstruir los datos originales.

5x1=5, 5x2=10, 5x3=15
la tabla del cinco te la
sabes gracias a la
musiquita porque...



Si quieres ganar entradas dobles
para los mejores festivales

CONTROL
Feel make Feel

Síguenos

CONTROL
Feel make Feel

Mecanismos de detección de errores ARQ:

Dos técnicas:

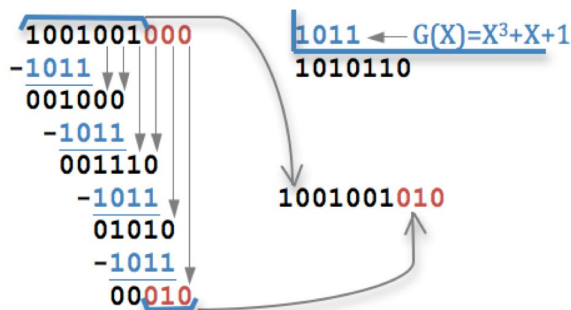
- **Códigos de paridad:** Estos códigos añaden un bit a cada palabra de m bits, de forma que se genera un código de $r=m+1$ bits. El bit añadido se denomina **bit de paridad**, y se genera de modo que **el número total de 1's sea impar (paridad impar, más común) o par (paridad par)**. En la recepción se comprueba que el número total de 1's del código de r bits sea correcto, pudiendo detectar cualquier error que afecte a un número impar de bits. Si el número de 1's es correcto se extrae la palabra de datos de m bits.

- **Comprobación de Redundancia Cíclica (CRC):**

Los códigos CRC son un tipo de códigos cíclicos en los que cada palabra de m bits se representa por un código de r bits, y sólo los códigos de r bits que están asociados a una palabra son válidos. Teniendo en cuenta que $r > m$, existen múltiples palabras código que no son válidas. Estos códigos se denominan cíclicos porque a partir de cada código válido, cualquier rotación cíclica a la izquierda genera otro código válido.

El cálculo del código de r bits para una palabra de m bits se realiza de la siguiente forma: se concatenan $r-m$ ceros a derecha de la palabra de m bits, y el resultado es dividido entre un divisor determinado. La división realizada es una división en módulo 2, en la que no hay resto. El resto de dicha división se concatena con la palabra original para formar el código a transmitir.

El receptor realiza la misma operación, que consiste en dividir el código recibido por el mismo divisor (que comparte con el emisor). Si el resultado es 0, el código se ha recibido correctamente y se extraen los primeros m bits del código como palabra de datos; mientras que un resultado distinto de 0 indica que ha habido errores en la transmisión y se desecha el código.



Para obtener los datos correctos cuando se ha detectado un error se utilizan **mensajes de confirmación** (confirmación de recepción correcta o de incorrecta), que son enviados en sentido contrario a los datos y permiten al origen conocer qué fragmentos de los datos han llegado con errores, para así reenviarlos.

Bilbao
BBK Live

Festival de les Arts

CABO DE PLATA

WUOLAH

Mecanismos para la corrección automática de errores FEC:

Los **códigos de bloque** consisten en dividir la información a transmitir en palabras de m bits de longitud. Cada palabra tiene asociado un código de r bits que se transmitirá en su lugar, generalmente formado añadiendo $r-m$ bits a la palabra.

A continuación se muestra un ejemplo de código de bloque que transmite los datos en palabras de 3 bits, utilizando para ello códigos de 6 bits.

Palabra	Código
000	000111
001	001100
010	010001
011	011010
100	100010
101	101001
110	110100
111	111111

De los 2^r códigos disponibles, tan sólo 2^m se corresponden con una palabra y son, por tanto, códigos válidos. Si se recibe un código válido, se extrae la palabra asociada a dicho código; en cambio, si se recibe un código inválido se deduce que se ha producido un error y, en determinados casos, se puede corregir.

Es necesario destacar que los códigos de bloque sólo detectan o corrigen los errores para los que han sido diseñados. Por ejemplo, pueden estar diseñados para detectar errores de 2 bits en una palabra, o para corregir un único bit erróneo. Esta medida se basa en la Distancia de Hamming.

La **Distancia de Hamming** $d(v_1, v_2)$ de dos secuencias binarias v_1 y v_2 de r bits consiste en un valor numérico que indica el número de bits en los que v_1 y v_2 no coinciden.

Para cada código válido se calcula la distancia de Hamming con todos los demás, y de entre ellas se obtiene la **mínima distancia de Hamming**, $d_{\min}$. Esta distancia permite garantizar que, en una transmisión errónea:

- Se pueden detectar hasta t errores, siendo $t = d_{\min} - 1$
- Se pueden corregir hasta t errores, siempre que $d_{\min} \geq 2t + 1$

En circunstancias especiales se pueden detectar y/o corregir más errores, pero no está garantizado.

Para la corrección de errores utilizando códigos lineales, al recibir un código erróneo se puede calcular el código válido más próximo (según la distancia de Hamming), para así devolver la palabra asociada a dicho código válido. De esta forma, a partir de un código erróneo, hasta el límite de errores para el que se diseñó el código, se puede determinar qué palabra se transmitió en origen, no siendo necesario retransmitir los datos.

En el ejemplo anterior, si se recibe el código 100100, el único código que se encuentra a distancia de Hamming igual a 1 es 110100, por lo que se extrae la palabra 110 asociada a él.