

2.7.- ERRORES DE CANAL

2.7.1.- RUIDO BLANCO

El Ruido en un canal limita la capacidad de este para transmitir información.

El principal ruido de Canal se la conoce con el nombre de *Ruido Blanco*. Su importancia reside en el hecho de que es imposible de eliminar dado su aleatoriedad.

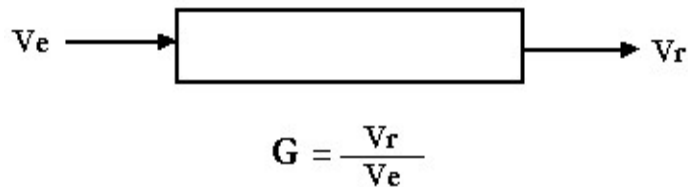
Se conoce como Ruido Blanco aquel que aparece en el canal debido a la asitación molecular y atómica que produce la temperatura.

De la figura resulta que la señal con ruido presenta un valor medio (V_m) y una evolución aleatoria alternante en el tiempo. Ahora bien: ¿Qué información nos proporciona la curva normal? En ella podemos hallar la probabilidad que existe de encontrar una señal de ruido superior a un determinado valor o entre dos valores. En la figura la zona sombreada determina la probabilidad de tener una señal de ruido blanco entre $V_{m(1)}$ y $V_{m(2)}$.

2.7.2.- ANCHO DE BANDA DE UN CANAL

El ancho de banda de un canal resulta una característica del mismo que describe su comportamiento ante señales de distintas frecuencias.

Entendiendo por ganancia (o atenuación) de un canal a la relación entre la amplitud de la señal en la recepción y amplitud de la señal en la emisión. Resulta:



donde: V_r es la amplitud de la señal de salida.
 V_s es la amplitud de la señal de entrada.

Esta relación entre amplitudes, o entre potencias, es muy común expresarla mediante una unidad dimensional denominada decibeles (dB) que no es más que:

$$G[\text{dB}] = 10 \log G$$

si G es una relación entre amplitud de señales; o

$$A[\text{dB}] = 10 \log A$$

si A es una relación entre potencias.

Se entiende por ancho de banda a la diferencia entre la frecuencia superior de corte (f_2), y la frecuencia inferior de corte (f_1). Siendo ellas las frecuencias donde la relación entre amplitudes de señales de salida y entrada disminuyen en 3 dB respecto de la ganancia (G) de las frecuencias medias, siendo esta la frecuencia de uso normal de canal.

Generalmente cuando la frecuencia inferior de corte es pequeña se puede aproximar el ancho de banda a la frecuencia superior de corte.

2.7.3.- CAPACIDAD DE UN CANAL CON RUIDO

Estudios de Hartley y posteriores trabajos de Shannon prueban que si:

⇒ La potencia media del ruido blanco es N , entonces, la entropía media del canal o equivocación de Y respecto de X es:

$$H(Y/X) = B \cdot \lg(2 \cdot | \cdot e \cdot N)$$

En, la expresión, B es el ancho de banda del canal, N es la potencia media del ruido y e es el número neperiano.

⇒ La señal emitida es continua y con distribución mal, la entropía en la recepción para una potencia media S es:

$$H(Y) = B \cdot \lg(2 \cdot | \cdot e \cdot (N + S))$$

Entonces la capacidad del canal:

$$C = I(X,Y)$$

$$H(Y) = H(Y/X)$$

$$B \cdot \lg(1 + S/N) \quad [\text{bps}]$$

2.7.4.- CAUSAS DE ERRORES DE CANAL

2.7.4.1.- Ruidos Impulsivos: El ruido impulsivo constituye la principal fuente de error dentro de los posibles errores de canal.

Los ruidos impulsivos provocan grandes picos en la amplitud de la señal de ruido blanco que llegan a saturar el canal, por lo tanto, llegan a provocar perturbaciones de varios binits constituyendo lo que se denomina ráfaga.

En la figura se observa una serie de gráficos donde se visualiza una señal a emitir asociada a una tira de binits que constituyen el dato a emitir, la señal de ruidos blancos con los picos debido a ruido impulsivo, la señal recepcionada que no es más que la suma de la señales anteriores, y finalmente en función de esta ultima la determinación del dato recibido y los binits equivocados (cabe destacar que las amplitudes graficadas no guardan relación con respecto a la realidad, donde la amplitud de la señal de ruido es mucho menor que la de la señal a transmitir).

Las causas que producen ruido impulsivo se pueden agrupar en causas externas e internas (al canal). Se analizan distintas situaciones donde puede presentarse ruidos impulsivos:

⇒ **Dentro de las fuentes externas de ruido impulsivo se tienen:**

- *Acoplamientos Capacitivos o inductivos debido a:*
 - ✓ Acción de canales paralelos.
 - ✓ Equipos de conmutación mecánica.
 - ✓ Señales de supervisión
 - ✓ Fenómenos atmosféricos.

⇒ **Las fuentes internas pueden deberse a:**

- Variaciones en la impedancia debido a conexiones.
- Señales que sobrecargan los amplificadores.
- Interferencias debido a armónicas espureas generadas por filtros.

Este tipo de errores pueden ser contrarrestados por medio de la utilización de modems (MODulador – DEModulador) adecuados al canal y al ruido impulsivo que en el se puede presentar.

2.7.42.- Modulaciones Espureas: Otro tipo de errores de canal es debido a modulaciones espureas, se puede presentar bajo tres formas:

- ✓ modulación Cruzada (1),
- ✓ intermodulación (2) y
- ✓ eco (3).

(1) Los acoplamientos inductivos o capacitivos entre canales pueden provocar captación de señales de otros canales, este efecto se conoce con el nombre de *Modulación Cruzada*. Este tipo de captaciones es común que se produzca en canales pares, canales múltiples y antenas de microondas comunes. La forma de tratar esta causa de error es similar al de ruido blanco, su nivel resulta mensurable, y generalmente, no es de fundamental importancia en la transmisión de datos.

(2) Variaciones en la linealidad de los amplificadores, en canales multiplex provocan modulaciones espureas conocidas con el nombre de *Intermodulación*. Este error es debido a que al amplificar las señales en conjunto esta falta de linealidad puede producir armónicas que pueden afectar bandas de otros canales. La intermodulación es común en señales de tipo repetitivo por su alto contenido armónico, señales de tal tipo son las de discado, las de supervisión. La intermodulación puede ser corregida utilizando modems adecuados o reduciendo la amplitud de señales de tipo repetitivo.

(3) Las variaciones de impedancia del canal puede provocar reflexiones de las señales provocando una modulación espurea denominada *Eco*, en canales de voz con, fin de eliminar este efecto se utilizan supresores de eco.

2.7.43.- Variaciones de nivel (desvanecimiento): Las variaciones de nivel de la señal también pueden afectar la transmisión de información (datos), en especial si estas variaciones ocurren en forma rápida.

Entre las causas que pueden provocar variaciones de nivel encontramos:

- ✓ Variaciones de impedancia del canal;
- ✓ Fallas en contactos y
- ✓ Fallas en amplificadores.

Como así también el enmascaramiento de la señal provocada por fenómenos meteorológicos, como lluvias, que afectan canales de microondas. Este efecto se conoce con el nombre de desvanecimiento. Es posible en emisiones radiales.

Este tipo de error hace que se considere a este canal como de pobre resultado para la transmisión de datos.

2.7.44.- Distorsión: Otra causa de error en canales es provocada por distorsiones introducidas por el propio canal. Entre las distorsiones mas comunes encontramos:

- ✓ Atenuación,
- ✓ Distorsión fase/frecuencia,
- ✓ Variación de frecuencia de la portadora y
- ✓ Variación del nivel de muestreo.

La ventaja de esta causa de error es el admitir correcciones por medio del diseño, ya que el canal las introduce en forma sistemática (repetitivamente y en forma previsible).

La atenuación es provocada por variaciones en la impedancia del canal con la frecuencia. Se puede graficar la atenuación en función de la frecuencia. En estos gráficos como el de la figura, es posible encontrar canales como el “a” que solo pueden utilizarse en un entorno reducido de la banda y otros, como el “b”, que admiten un mayor ancho de banda. Este ultimo tipo de canales puede llegar a lograrse desde el primero mediante el uso de ecualizadores adecuados.

La distorsión fase/frecuencia se debe a que el canal introduce distintos retardos para frecuencias diferentes. Con la cual se varían las velocidades de transmisión para las ondas de distintas frecuencias, esto provoca defasajes entre las distintas armónicas de la señal.

Si se desea transmitir una seal, por medio de un componente fundamental y de su tercera armónica (descomposición de Fourier), y no esta presenta la distorsión fase/frecuencia se observaría la forma de onda de la figura:

Si en cambio se tuviera un defasaje entre ambas ondas (fundamental y tercera armónica) debido a esta distorsión la señal resultante presentaría el siguiente aspecto:

Estos primeros dos tipos de distorsión suelen encontrarse relacionados en el momento de pretender corregirlos, así, si se tratara de corregir la atenuación por medio de cables bifilares (dos conductores) de larga distancia muy cargados se empeoraría la distorsión fase/frecuencia. Para reducir esta última se tendrían cables coaxiales y circuitos de microondas.

Otro tipo de distorsión es la variación de frecuencia de la portadora (señal soporte) con respecto a la frecuencia de emisión de la misma. Esta distorsión se puede corregir mediante las transmisiones de una señal sub-portadora de sincronismo en frecuencia.

La distorsión por variación del nivel de Umbral de muestreo se produce en el momento de la demodulación o al regenerar los pulsos en repetidoras. Esta distorsión produce una modificación en el ancho de los pulsos de la señal. Así, se puede observar en la figura como variaciones positivas o negativas de este nivel de Umbral provocan alargamientos o acortamientos del ancho de los pulsos que representan al “uno” o al “cero”.