

# Ruido no convencional por canal telefónico

Lilia Edith  
Aparicio Pico

Luis Fernando  
Rayo Alonso

## RESUMEN

El ruido blanco aditivo gaussiano, ha sido objeto de un estudio amplio y por lo general en los sistemas de comunicaciones se modela como la fuente de ruido mas significativa. Además del ruido blanco, existen otras fuentes que distorsionan las señales y que se pueden considerar como fuentes de ruido. Esto ocurre particularmente en la transmisión digital de información, en la que el ruido blanco pierde su papel protagónico y es reemplazado por otro tipo de señales indeseables. De su estudio y modelamiento depende en mucho el éxito en el diseño del sistema de comunicaciones, mas concretamente del canal de comunicaciones.

## INTRODUCCIÓN

Los servicios a los que es posible acceder a través de la red telefónica, día a día aumentan en cantidad y calidad.

Desde los inicios de la telefonía, se fue implementando la red, que con el paso del tiempo se convirtió en la de mayor cobertura alrededor del planeta, los avances en comunicaciones satelitales dieron una nueva visión acerca de las telecomunicaciones, pero siempre y aun hoy en día, el piso firme sobre el cual se soporta la infraestructura en telecomunicaciones, en el ámbito mundial, sigue siendo la red telefónica.

El surgimiento del INTERNET marco un hito, superando todas las ideas que se tenían acerca del concepto de servicio, el fácil acceso de millones de usuarios alrededor del planeta y la posibilidad de interactuar a través de la red,

acercó mas al mundo creando por decirlo de alguna forma, un universo en el que no existen limites.

Por esto la importancia de la red telefónica, como un canal de comunicaciones que puede responder a las necesidades del usuario moderno, no se puede desconocer; es un medio aun por explotar en mucho de su potencial para establecer un servicio competitivo, confiable y de menor costo que la fibra óptica. El estudio de las técnicas de codificación y modulación que es posible implementar para transmisión de información por canal telefónico, así como las consideraciones acerca del ruido; constituyen la base que permitirá establecer los parámetros a seguir en la transmisión de información digital, a través de la red telefónica, POTS (plain old telephone service). POTS se constituye como el servicio básico de voz por vía telefónica, y se utiliza esta sigla para diferenciarlo de ISDN (Integrated Services Digital Network), que utiliza enlaces T1 por fibra óptica.

## RUIDO POR CANAL TELEFÓNICO

La transmisión de información digital esta sujeta a la degradación fuerte de la señal a través del canal de comunicaciones, la ventaja de que la información sea digital es que el ruido del canal aun cuando es aditivo, puede ser eliminado en la regeneración de los pulsos que se realiza en los puntos de repetición y recepción. La característica que permite esta reconstrucción, es que el 90% de la energía de la señal esta concentrada en su primer armónico a la fre-

La transmisión de información digital esta sujeta a la degradación fuerte de la señal a través del canal de comunicaciones, la ventaja de que la información sea digital, es que el ruido del canal puede ser eliminado

La inexactitud en la frecuencia de muestreo, se puede originar en el receptor o en el transmisor.

cuencia  $f=1/T$ ; sin importar que el espectro del pulso sea infinito [1]. La señal se confina entonces a un espectro finito con un ancho de banda de  $1/T$ , lo que permite una muy buena aproximación a la señal original, discriminando efectivamente en su regeneración, la señal del ruido, de acuerdo a su espectro.

La forma de ruido mas convencional que se describe en todos los canales de comunicaciones, es el ruido aditivo blanco gaussiano AWGN (Additive White Gaussian Noise). Adicionalmente existen fuentes de ruido que no se pueden modelar como una fuente única, porque su comportamiento difiere de acuerdo a los efectos que los causan, a continuación se dará una visión concreta de cada una de esas fuentes de ruido, el tratamiento matemático de rigor no se expresa en este artículo, pero el lector interesado puede seguir las referencias para obtener una perspectiva mas amplia.

## INTERFERENCIA INTERSIMBÓLICA

En transmisión digital el efecto mas conocido es el de ISI (Inter Symbol Interference). Este tipo de distorsión se produce cuando se dan cruces (overlap), de un pulso con otro, sobre un nivel mayor a cero; lo ideal es que entre los pulsos no haya cruces, pero si se dan el efecto de ISI seria mínimo si estos sucedieran en el cruce por cero de la señal, figura 1. Entre mas arriba de cero se den estos cruces, la probabilidad de bit errado aumenta debido a una indeterminación en el sistema de decisión del receptor. La forma de examinar ISI, es utilizando el diagrama de ojo [2] de la señal. Las causas [1] por las que se puede producir ISI son: Inexactitud en la frecuencia de muestreo, Insuficiente ancho de banda, Distorsión de amplitud y Distorsión de fase.

La inexactitud en la frecuencia de muestreo, se puede originar en el receptor o en el transmisor. Cuando ocurre en el transmisor se debe a que la frecuencia de muestreo no esta acorde con la respuesta en frecuencia diseñada para el canal. En el caso del receptor, se da debido al

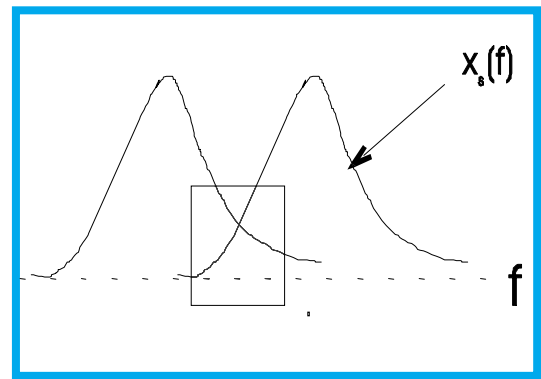


Figura 1: Interferencia Intersimbólica

ruido introducido por el canal y el retraso inherente a los sistemas físicos.

Un ancho de banda insuficiente, origina que la frecuencia de muestreo resulte alta, dándose un sobremuestreo (Oversampling. La modulación Delta, es un caso en el que se utiliza oversampling de forma controlada [1]).

La distorsión de amplitud, es causada por la respuesta en frecuencia de los filtros utilizados para recuperar la señal, así como de la respuesta en frecuencia diseñada para el canal; esta ultima por lo general se incluye dentro de la respuesta en frecuencia de los filtros y no se trata aparte.

La distorsión de fase, es causada por el retraso natural de los componentes espectrales de la señal y causa que la relación de fase entre dichos componentes se altere.

## ECO

De forma similar al eco acústico producido por una onda sonora, ocurren efectos de eco en el canal de transmisión. Cuando la señal encuentra desacople de impedancias en la línea de transmisión. El eco es mas nocivo en circuitos de dos hilos que en circuitos de cuatro hilos.

El eco puede ser de dos clases eco del transmisor o del receptor. El eco del transmisor (Talker Echoes [3]) se origina mientras se transmite, para evitar esto en muchos sistemas el receptor permanece fuera de servicio hasta que la transmisión termina, para evitar que se vea afectado

por su propio eco mientras esta operando. El eco del receptor (Listener Echoes), se origina por reflexiones sucesivas, cuando la señal encuentra desacople de impedancias al final del canal.

Los ecos en el receptor pueden tener dos consecuencias. En primer termino el eco puede quitar o sumar voltaje a la señal directa, dependiendo de la fase con la que este se produzca. La segunda consecuencia se da cuando la señal original ha sido desfasada desde el receptor (puede ser el caso de BPSK, QPSK... etc.), originando ecos en los que el desfase no se mantiene fijo, se suma a este un retraso debido a la fase propia del eco; esto trae como resultado una confusión en el receptor (jitter), que termina con la perdida de la información.

De acuerdo con el CCITT [4] los niveles de eco permisibles deben estar 12 dB por debajo de la potencia de la señal directa. Existen circuitos basados en filtros digitales, para eliminar el eco; supresores de eco, canceladores de eco y circuitos híbridos de acople. [3].

## EFETOS CRUZADOS (Crosstalk)

El termino Crosstalk se refiere a la interferencia que origina una señal que viaja por una canal de comunicaciones, sobre la señal que esta viajando por otro canal (aquí el termino canal de comunicaciones se utiliza indistintamente como sistema de comunicaciones y línea de transmisión).

De acuerdo a lo anterior, el crosstalk puede ocurrir entre pares de cables, por los que viajan señales distintas, o en enlaces que utilizan técnicas de multiplexación, donde se pueden interferir canales adyacentes; ya se trate de voz o de datos.

El crosstalk puede ser de dos tipos, FEXT y NEXT [5]. FEXT es el acrónimo de Far End-crosstalk y NEXT lo es de Near End-crosstalk. La forma como viajan los electrones por una línea de transmisión, origina que se de la atenuación por perdida en el numero de electrones que conforman la señal, este efecto se puede ver desde dos perspectivas; en primer lugar

los electrones pueden tomar caminos de retorno a la fuente de señal, lo que se denomina NEXT, o pueden atenuarse continuando hasta el final de la línea, pero en un numero mucho menor; esta atenuación es el denominado FEXT.

El CCITT recomienda niveles limites de crosstalk [6] de 43 dB, entre el canal de ida y el de retorno para telefonía y de 58 dB, entre el enlace y circuitos cercanos.

Para más detalles acerca de las recomendaciones concernientes a evitar el crosstalk, remítase a CCITT G. 126 [7].

## RUIDO IMPULSIVO

El ruido impulsivo es un tipo de ruido que aparece durante un tiempo muy corto, con picos de altísimo voltajes semejantes a un impulso  $\sigma(t)$ , de ahí su nombre.

Este tipo de ruido afecta mas la transmisión de datos que la transmisión de voz, ya que si se tiene un tren de pulsos de datos, un impulso puede destruir un bit de paridad o un bit de control de trama y originar perdida de información, mientras que en la señal de voz no es critica la perdida de información de un bit.

Debido a la corta duración del pulso y a su irregularidad en el tiempo, figura 2, este tipo de ruido no se puede medir con instrumentos convencionales; consecuentemente se mide en términos del número de impulsos que en un periodo determinado de tiempo, excedan una magnitud de referencia.

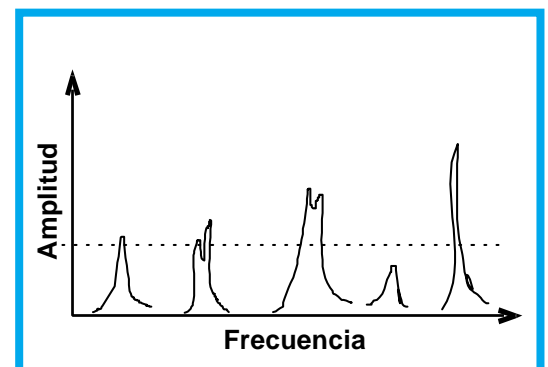


Figura 2: Ruido Impulsivo

El ruido impulsivo es un tipo de ruido que aparece durante un tiempo muy corto, con picos de altísimo voltajes

El ruido real puede ser entonces modelado dentro de un sistema bajo el canal telefónico, planeando velocidades y tasas de error, que exploten el máximo la posibilidad de transmitir información digitales condiciones optimas y a ratas de transmisión aceptables.

Un nivel permisible de ruido impulsivo [8] es de 18 impulsos en un periodo de 15 minutos, con una potencia de -21 dBm0. El número de pulsos, la potencia y el intervalo de tiempo de la medición, están sujetos a variaciones que dependen de la velocidad de transmisión, técnica de recepción de datos y la sensibilidad de la técnica de modulación seleccionada.

## CONCLUSIONES

Se han descrito formas de ruido que interfieren con el correcto paso de la información, a través del canal, aunque las fuentes del ruido pueden ser innumerables, su importancia esta ligada al tipo de información que se maneja; no todas las fuentes de ruido afectan en igual proporción al sistema. Lo que se pretende con el estudio de ruido, es la realización de un canal de transmisión en el que el paso de la información sea transparente, al tratamiento del ruido.

El ruido real puede ser entonces modelado dentro de un sistema bajo el canal telefónico, planeando velocidades y tasas de error, que exploten el máximo la posibilidad de transmitir información digitales condiciones optimas y a ratas de transmisión aceptables.

Considerar los efectos del ruido no convencional, en el diseño y evaluación de los sistemas de comunicaciones digitales, debe llevar a la realización de sistemas mucho mas aproximados a la realidad.

Son de especial interés los efectos del ruido impulsivo, que es una fuente importante de distorsión y perdida de la información, preparar el canal de transmisión para hacerlo inmune al ruido impulsivo, es una tarea difícil, debido a la naturaleza aleatoria del mismo; las técnicas de medición de ruido impulsivo promedio por el canal, llevan a establecer las condiciones en las que debe trabajar el canal, haciendo énfasis en la relación del mismo con sistemas externos.

El estudio del crosstalk ha llevado a la implementación de filtros digitales de muy buena calidad para atenuarlo, sin embargo en un canal de comunicaciones, la interacción con

otros sistemas no es homogénea a lo largo de todo el trayecto, de forma que eliminar por completo esta fuente de ruido, es una tarea difícil.

Los efectos de ECO y de ISI, son propios del canal, en los que no se han involucrado agentes externos; estos son debidos a la naturaleza física de las líneas de transmisión, que aun cuando son desarrolladas con técnicas que permiten, materiales homogéneos, secciones transversales que se mantiene constantes a lo largo del trayecto y blindajes que los hacen casi inmunes a las interferencias electromagnéticas, no se pueden evitar; el objetivo con estas dos fuentes de ruido es atenuar al máximo sus efectos logrando un correcto acople de impedancias, así como filtros con factores de roll-off de muy buena calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] BELLAMY JHON . **DIGITAL TELEPHONY**. Willey series in communications, EEUU. 1990. Digital Telephony. *Pulse Transmission. Quantization noise, Delta modulation.*
- [2] ZIEMER RODGER E. PETERSON ROGER L. **INTRODUCTION TO DIGITAL COMMUNICATION**. Mc Millan Publishing Company. New york 1991. *USE OF EYE DIAGRAM FOR SYSTEM CHARACTERIZATION*
- [3] TUGAL DOGAN A. TUGAL OSMAN. **DATA TRANSMISSION**. Mc Graw Hill. New york 2ª. Edición, 1991. *Transmission over voice grade circuits. Echo control devices*
- [4] Recomendación No. G 131 del CCITT, control of talker echo.
- [5] [Http://www.bicsi.org](http://www.bicsi.org)
- [6] Recomendación No G 151 del CCITT, General performance objectives applicable to all modern international circuits and national circuits.
- [7] Recomendación No G 126 del CCITT, Listener echo in telephone networks.
- [8] Recomendaciones No H 12 y H 13 del CCITT, Line Transmission of non telephone signals.

### *Lilia Edith Aparicio Pico*

Profesora Facultad de Ingeniería, Universidad Distrital, Magister en Teleinformática, actualmente realiza una investigación sobre técnicas de control de error apreciables para Transmisión de VQ-VMF. Candidato a Doctor en Ciencias Técnicas y dirige la línea de investigación en Telemedicina. [postelei-udistrital.edu.co](mailto:postelei-udistrital.edu.co)

### *Luis Fernando Rayo Alonso*

Estudiante de Ingeniería Electrónica, Universidad Distrital Actualmente realiza una investigación acerca de las técnicas de codificación de canal, concernientes a la detección y corrección de errores por canal telefónico. [fertrek@hotmail.com](mailto:fertrek@hotmail.com)