



Interferencia electromagnética estocástica no estacionaria, sobre redes de acceso basadas en Tecnología ADSL/ADSL2+

Non-stationary stochastic electromagnetic interference, over access networks based on ADSL/ADSL2+ technology

Interferência eletromagnética estocástica não estacionária em redes de acesso baseada na tecnologia ADSL / ADSL2 +

Diego Fernando Cevallos-Cuenca ^I
diego.f.cevallos.c@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-2882-5376>

Javier Bernardo Cabrera-Mejía ^{II}
jcabreram@ucacue.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-2027-0211>

Correspondencia: diego.f.cevallos.c@gmail.co

Ciencias de las ingenierías
Artículo de investigación

***Recibido:** 24 de noviembre de 2019 ***Aceptado:** 29 diciembre de 2019 * **Publicado:** 17 de enero 2020

- I. Ingeniero Electrónico, Docente de la Universidad Católica de Cuenca, Jefatura de Posgrado, Cuenca, Ecuador.
- II. Magíster en Redes de Comunicaciones, Ingeniero Electrónico, Tecnólogo Industrial Especialidad Electrónica, Universidad Católica de Cuenca, Jefatura de Posgrado, Cuenca, Ecuador.

Resumen

La fuente del ruido impulsivo puede ser generada por la radiación electromagnética de los cables de alimentación, las líneas de alta tensión, la conmutación y el control de la alimentación y las descargas eléctricas, causando errores en los datos transmitidos; es por esto que el presente trabajo de investigación detalla un estudio numérico del impacto de ruido impulsivo en líneas de abonado digitales asimétricas (ADSL). El método para simular el efecto de las perturbaciones, por efecto de la interferencia electromagnética estocástica no estacionaria, parte de la respuesta al impulso, se mide las ráfagas de ruido y se utilizan como si fueran disuasivas señales. Si bien una combinación de codificación, intercalado, y un margen de 6 dB es adecuado para proteger los sistemas ADSL de los impulsos tardíos, un tren de impulsos de larga duración causará una señal con un número significativo de bits de error en el sistema. En este caso, una compensación entre el número de segundos de error, el alcance máximo y la demora de codificación debe realizarse.

Palabras clave: Ruido; señales; sistemas ADSL; IPTV; QoS.

Abstract

The source of the impulse noise can be generated by the electromagnetic radiation of the power cables, the high voltage lines, the switching and the control of the power supply and the electric discharges, causing errors in the transmitted data; This is why this research paper details a numerical study of the impact of impulse noise on asymmetric digital subscriber lines (ADSL). The method to simulate the effect of disturbances, due to the effect of non-stationary stochastic electromagnetic interference, part of the impulse response, noise bursts are measured and signals are used as if they were dissuasive signals. While a combination of coding, interleaving, and a 6 dB margin is adequate to protect ADSL systems from late pulses, a long-lasting pulse train will cause a signal with a significant number of error bits in the system. In this case, a compensation between the number of error seconds, the maximum range and the coding delay must be made.

Keywords: Noise; ADSL signals; IPTV; QoS.

Resumo

A fonte do ruído de impulso pode ser gerada pela radiação eletromagnética dos cabos de energia, as linhas de alta tensão, a comutação e o controle da fonte de alimentação e das descargas

eléctricas, causando errores nos dados transmitidos; É por isso que este trabalho de pesquisa detalha um estudo numérico do impacto do ruído de impulso nas linhas de assinante digital assimétrica (ADSL). O método para simular o efeito de distúrbios, devido ao efeito de interferência eletromagnética estocástica não estacionária, parte da resposta ao impulso, rajadas de ruído são medidas e sinais são usados como impedimentos. Embora uma combinação de codificação, intercalação e uma margem de 6 dB seja adequada para proteger os sistemas ADSL de pulsos atrasados, um trem de pulsos de longa duração causará um sinal com um número significativo de bits de erro no sistema. Nesse caso, deve ser feita uma compensação entre o número de segundos de erro, a faixa máxima e o atraso da codificação.

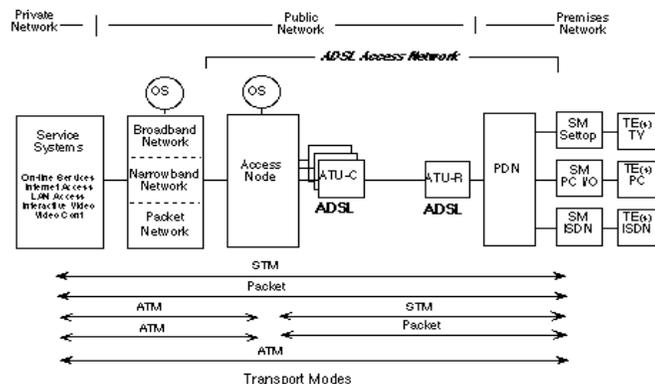
Palavras-chave: Barulho sinais; Sistemas ADSL; IPTV; QoS.

Introducción

La tecnología ADSL (Asimetric Digital Subscriber Line) es hoy en día la alternativa más popular de acceso a internet en los hogares, quizás debido al abaratamiento conseguido debido a su alto grado de optimización tecnológico, pero también debido a que es la tecnología que mejor se adapta a la naturaleza asimétrica de muchos servicios ofrecidos en internet en los que el abonado recibe mucho más tráfico de datos del que envía.

El diagrama general de la red a continuación describe los elementos de red incorporados en las comunicaciones multimedia y sugiere un grupo de configuraciones de transporte que ADSL encontrará a medida que las redes migren del modo de transferencia sincrónica (STM) al modo de transferencia asincrónica (ATM). [1]

Figura 1. Diagrama ADSL

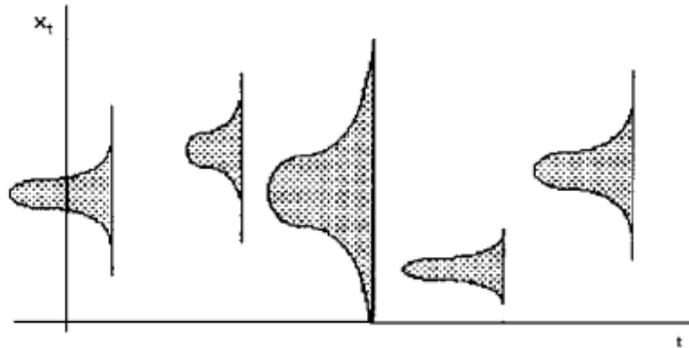


Fuente: Z. Soban, "ADSL overview"

La Según [2] Diccionario de antónimos, da a conocer que el antónimo de estacionario (no estacionario) es: cambiante, discontinuo, transitorio, es decir no es un sistema fijo en el tiempo. Ocasionalmente las perturbaciones por campo electromagnético no estacionario pueden estar acopladas a cables telefónicos, resultando en ruido de impulso. El objetivo de este trabajo es presentar un estudio del impacto del ruido en sistemas ADSL. El estudio se lleva a cabo en dos fases: Primero, el efecto que un impulso temporal determinista tiene en el rendimiento de un sistema multiportadora con un método para simular con precisión el rendimiento (DMT). Segundo, mediante impulsos realistas sin codificar y con codificación RS.

Los procesos estocásticos se basan en el estudio de sistemas que evolucionan en el tiempo o espacio, de manera aleatoria [3]. Las variables aleatorias, tienen dependencia de un parámetro o argumento, siendo el parámetro el tiempo, con lo que se realizan análisis de sus series temporales, es decir un proceso estocástico no es predecible, moviéndose al azar [4]. En resumen, un proceso estocástico es una compilación de variables aleatorias $\{x_t, t \in T\}$, en el que las ordenadas vienen dadas en t (tiempo)[5]. Por ejemplo, para cada instante t , se tiene variable aleatoria x_t , con el proceso estocástico se puede deducir un proceso de variables fortuitas, variando sus características a lo largo del tiempo como se muestra en la Figura 2.

Figura 2. Proceso Estocástico



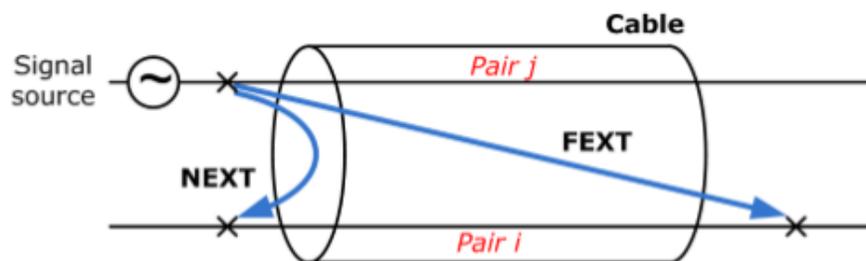
Fuente: M. C. Ruiz Abellón, "PROCESOS ESTOCÁSTICOS,"

Proceso estocástico no estacionario, es el que su distribución de probabilidad varía de manera no constante, es decir cuando una serie de datos actúan de forma desordenada es aleatorio no estacionario. [6]

Figura 3. Proceso Estocástico no Estacionario

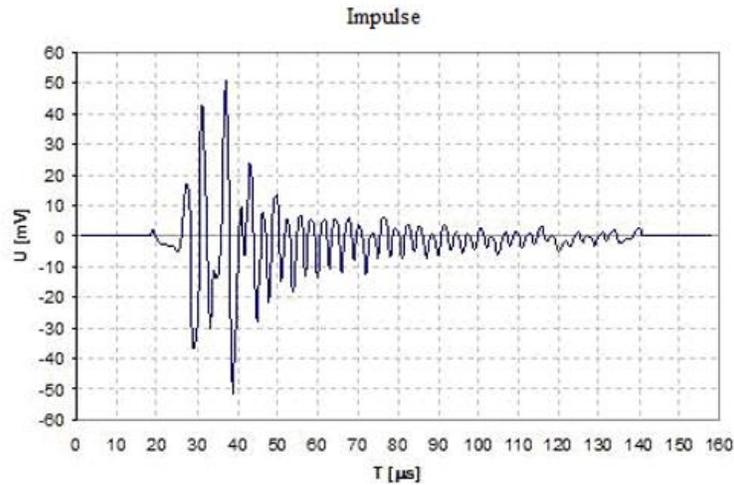
Fuente: J. F. López, "Proceso estocásticos,"

La interferencia en las redes ADSL se produce por el acoplamiento mutuo entre pares cercanos del cable, influyendo directamente en la transmisión de datos, además se suman las propiedades inherentes de los pares simétricos; provocando el cruce de la señal del transmisor con los pares vecinos del mismo cable, lo que se conoce como diafonía de extremo cercano (NEXT) y diafonía de extremo lejano (FEXT), existiendo otros sistemas de interferencia desarrollados en el mismo cable como: la interferencia de radiofrecuencia (RFI) e impulsos de ruido. [6]

Figura 4. FEXT y NEXT en un cable multi par

Fuente: J. Krejčí and T. Zeman, "Influence of noise on IPTV over xDSL,"

El impulso de ruido al ser una interferencia aleatoria no estacionaria, posee picos de energía con amplitudes al azar, su fuente puede ser la radiación electromagnética de los cables de alimentación, las líneas de alta tensión, la conmutación y el control de la alimentación y las descargas eléctricas. Estos impulsos ocurren en destellos, produciendo errores de bloque en los datos transmitidos, como se puede ver en la Figura 5. [6]

Figura 5. Impulso de ruido de acuerdo a ITU-T Recommendation G.996.1

Fuente: J. Krejčí and T. Zeman, "Influence of noise on IPTV over xDSL," 2009.

El modelo de amplitud de impulso se basa en un enfoque originalmente propuesto por Henkel y Kessler en [21-23], que consiste en aproximar los histogramas de voltaje con una distribución generalizada y exponencial de la forma:

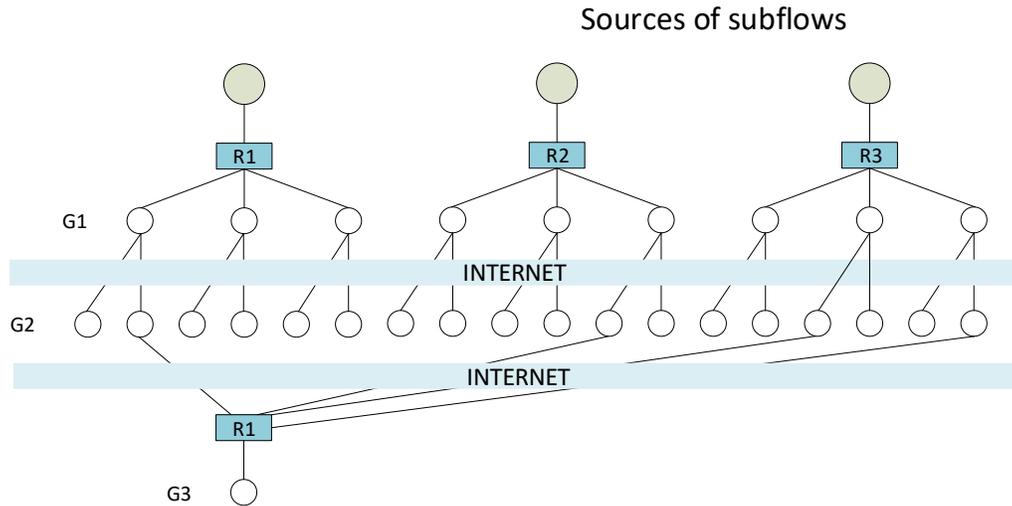
$$f_{g\varepsilon}(u) = \frac{1}{240u_0} e^{-|u/u_0|^{1/5}} \quad (1)$$

Donde u es el voltaje y u_0 es un parámetro de escala.

Al existir un crecimiento que demanda más servicios sobre las redes ADSL especialmente de video, se tiene que mantener la QoS (Calidad de servicio), para lo cual se necesita aumentar el número de servidores, volumen de espacio de disco y rendimiento de adaptadores de red, se ha previsto una solución utilizando redes de pares de video, proporcionando recursos comunes compartidos, cooperación entre nodos y las funciones combinadas de cliente y servidor en una red de un solo nodo. Los detalles originales pueden ser exhibidos por modelos matemáticos estructurales y funcionales de redes de pares [7] como son:

La Figura 6 muestra la topología con tres árboles, en la que cada cliente G1, G2 y G3 toman datos de varios nodos, para lo que se utiliza el método de (codificación de subtransmisión múltiple), al desconectarse un nodo de la red, se reconstruye.[7]

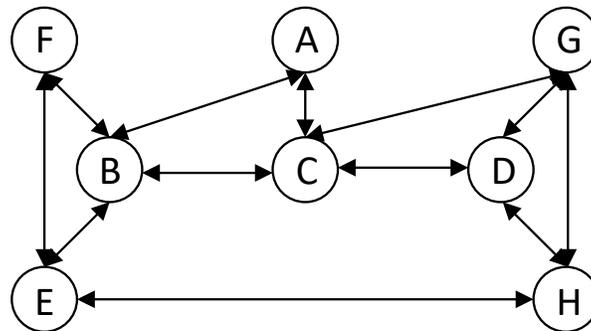
Figura 6. Topología con tres árboles



Fuente: N. Y. A. Alsaleem, R. M. Abdullah, and M. Y. A. Alsaleem, “Mathematical models of peer to peer networks for stream IPTV transmission,”

Al existir una topología de malla (Figura 7), el flujo de datos se divide en módulos pequeños, el cliente recibe los módulos principales de los nodos conectados al azar o siguiendo algún patrón, el nodo fuente es el nodo A, El proceso de entrega de los fragmentos de video depende del nodo que envía primero el requerimiento. [7].

Figura 7. Topología de malla

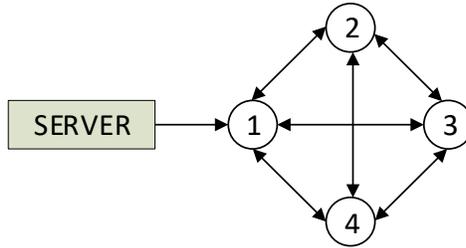


Fuente: N. Y. A. Alsaleem, R. M. Abdullah, and M. Y. A. Alsaleem, “Mathematical models of peer to peer networks for stream IPTV transmission,”

En la topología de red (Figura 8) conectada punto a punto, existe una conexión entre todos los nodos, comunicándose mediante un mapa de datos, son archivos que especifican fragmentos de

video, los que pueden ser requeridos en cierto momento por la red, con lo que se obtiene una estructura completamente conectada [7].

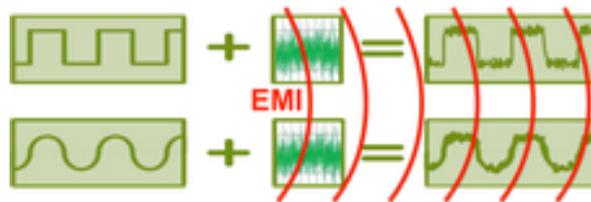
Figura 8. Topología de red conectada punto a punto



Fuente: N. Y. A. Alsaleem, R. M. Abdullah, and M. Y. A. Alsaleem, “Mathematical models of peer to peer networks for stream IPTV transmission,”

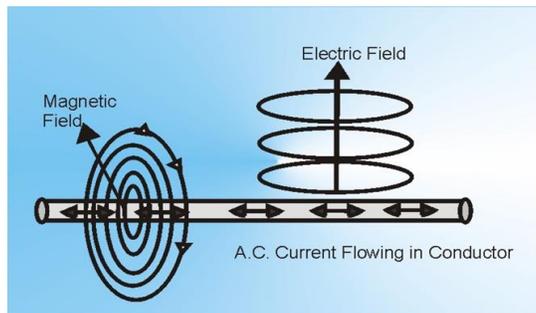
Existe también el (EMI) fenómeno de la interferencia electromagnética (Figura 9) [8], misma que es la presencia no deseada de voltajes y corrientes en equipos o circuitos produciendo campos electromagnéticos (Figura 10) [9], provenientes de otros equipos eléctricos o por fenómenos naturales. En la Figura 11 se representa el esquema de las partes que intervienen para que ocurra la EMI [10]

Figura 9. Fenómeno de la interferencia electromagnética



Fuente: CEMDAL, “Historia de las interferencias (EMI)”

Figura 10. Campo electromagnético producido por el movimiento eléctrico de cargas



Fuente: EM-Safe, “Electromagnetic field,”

Figura 11. Esquema de elementos para EMI

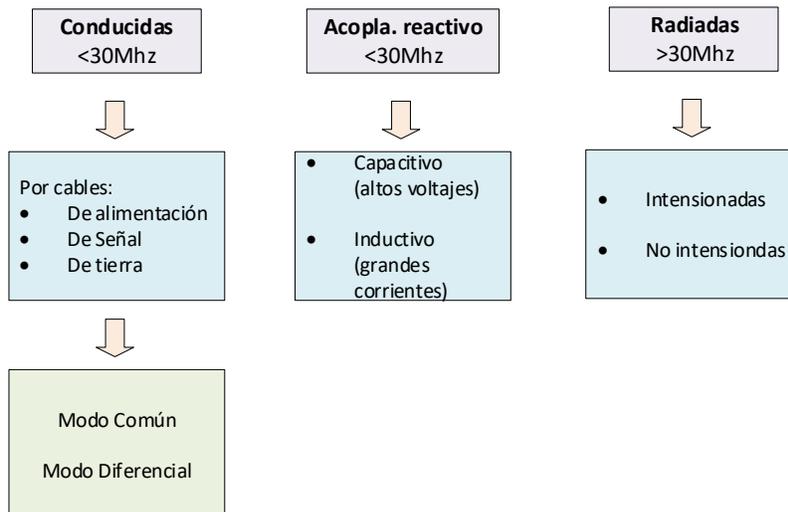


Fuente: G. D. E. AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA, “5.14 ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA (EMI) El Fenómeno de da Interferencia Electromagnética”

Al existir una interacción entre varios sistemas se produce un acoplamiento entre ellos, produciendo la perturbación su funcionamiento, como se puede observar en la Figura 8, el camino de acoplamiento admite interferencias con el receptor.

Teniendo en cuenta que acoplamiento es la interacción entre dos o más circuitos, existiendo transferencia de energía entre ellos, la que puede ser por radiación electromagnética llamada acoplamiento radiado, dadas por la generación de ondas electromagnéticas (EMI). También puede ser producida por conductores y/o dispositivos eléctricos tomando el nombre de acoplamiento conducido, donde el medio de propagación es el conductor eléctrico, apreciando la Figura 12 muestra los mecanismos de acoplamiento existentes, siendo los principales: acoplamiento por conducción, inductivo, capacitivo y radiado (campo electromagnético).

Figura 12. Esquema de elementos para



Fuente: G. D. E. AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA, “5.14 ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA (EMI) El Fenómeno de da Interferencia Electromagnética”

Existen métodos para reducir o eliminar dichas interferencias:

- Suprimir la emisión en la fuente.
- Hacer el camino de acoplamiento poco efectivo.
- Hacer el receptor menos sensible a las emisiones.

El primer método es la mejor solución, pero en algunas ocasiones es complejo identificar las fuentes de perturbación, aparte no se las puede separar ya que forman parte del sistema activo [10] – [12].

En la ciudad de Cuenca, los prestadores de Servicio de Acceso a Internet (SAI) más relevantes se muestra en la Tabla 1, indicado las tecnologías de acceso de última milla:

Tabla 1. Prestadores de Servicio de Acceso a Internet

SAI	Tecnologías de Acceso
ETAPA	ADSL VDSL FO EVDO
CNT	FO
PuntoNet SA	FO RADIO SATELITAL
TVCABLE	FO CABLE COAXIAL
SERVICABLE	FO
iPlanet	FO MICROONDA NODOS SECUNDARIOS ELÉCTRICA AUTONOMÍA

Fuente: Autores

Problema o necesidad

El principal problema de las redes ADSL, es el impacto del ruido en la calidad del servicio, puede ser generado por la radiación electromagnética de los cables de alimentación, las líneas de alta tensión, la conmutación y el control de la alimentación y las descargas eléctricas, causando errores en los datos transmitidos.

Lo manifestado anteriormente configura una problemática real de ámbito nacional, pero al mismo tiempo implica un reto de solución a través de una propuesta de investigación para el caso Ecuador que permita disminuir el impacto del ruido impulsivo en las redes ADS/ADSL2+.

Entonces, cabe la pregunta de investigación: ¿Cómo disminuir el impacto del ruido impulsivo en las redes de datos ADS/ADSL2+?

Metodología

Evaluación preliminar

En esta etapa se realiza una revisión detallada acerca de los parámetros que intervienen en la conformación del ruido impulsivo. Así mismo, se definen las características o variables esperadas y las restricciones particulares del caso. Posteriormente en esta sección se presenta un método para calcular la probabilidad del error de bit en un sistema multiportadora con error de reenvío basado en RS, corrección (FEC) en un ambiente de ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN). Se utilizan valores específicos para simplificar la descripción [13].

Suponiendo una palabra de código RS de 200 bytes, de los cuales 16 bytes son paridad, para que una palabra de código RS sea corregible, como máximo, ocho de los bytes pueden estar en error. Según la revisión del estado del arte, se conoce que el valor del error corregido, según la probabilidad de los códigos RS es muy pequeña, por lo tanto, se ignorará en los siguientes cálculos. En un AWGN, la probabilidad de error para cada byte es aproximadamente lo mismo. En implementaciones típicas de ADSL la probabilidad de error de palabra de código (P_{byte}) es muy similar o aproximada a la probabilidad de que ocurran nueve bytes erróneos; entonces, los eventos con ocho o menos errores son corregidos por el código, y eventos con más de nueve errores ocurren con mucha menor probabilidad [13].

$$\binom{200}{9} P_{\text{byte}}^9 (1 - P_{\text{byte}})^{200-9} \quad (2)$$

Debido al pequeño P_{byte} , por cada byte de error, solo un bit es probable que esté equivocado.

Por lo tanto, la fracción de bits en error en la palabra sería $9/(200 \times 8) = 5.6 \times 10^{-3}$, Por lo

tanto, para lograr el objetivo del P_{byte} , se debe trabajar con una tasa de error de bits de

$BER = 10^{-7}$.

$$10^{-7} = \binom{200}{9} P_{byte}^9 (1 - P_{byte})^{191} 5.6 \times 10^{-3} \quad (3)$$

O $P_{byte}=0.0065$. Tomando el primer término de la expansión binomial, $P_{byte}=8P_b (1-P_{bit})^8 \approx 8P_{bit}$, la probabilidad de bit de error debe ser $P_{bit}=P_{byte}/8=0.0065/8=8.1 \times 10^{-4}$, para lograr un total de $BER=10^{-7}$ después de la decodificación del código RS. La señal a ruido (SNR) para la modulación en cuadratura (QAM) para $P_{bit}=8.1 \times 10^{-4}$ se debe trabajar con $2Q(10.5 \text{ dB})=8.1 \times 10^{-4}$. Por lo tanto, la ganancia de codificación es igual a $14.5 \text{ dB}-10.5 \text{ dB}=4.0 \text{ dB}$. La tabla 2, resume la codificación de ganancias del código RS para P_{byte} bajo varios sistemas de control. [13]

Tabla 2. Codificación de ganancias del código RS para Pbyte

Velocidad de datos		608kb ps	1.216 Mbps	2.048 Mbps
Número de bytes por DMT		23	42	68
Modo Rápido	DMT símbolos por RS	1	1	1
	RS longitud de la palabra de código	23 bytes	42 bytes	68 bytes
	Longitud de paridad	4 bytes	4 bytes	6 bytes
	RS ganancia de codificación	3.0 dB	2.78 dB	3.2 dB
	Codificación de gastos generales	128 kbps	128 kbps	192 kbps
Modo Intercalado	DMT símbolos por RS	8	4	2
	RS longitud de la palabra de código	200 bytes	184 bytes	152 bytes
	Longitud de paridad	16 bytes	16 bytes	16 bytes
	RS ganancia de codificación	4,0 dB	4.03 dB	4.16 dB
	Codificación de gastos generales	64 kbps	128 kbps	256 kbps

Fuente: W. Yu, D. Toumpakaris, J. M. Cioffi, D. Gardan, and F. Gauthier, "Performance of asymmetric digital subscriber lines in an impulse noise environment,"

Resultados

Según [14] los proveedores de IPTV se ven en la necesidad de implementar nuevas tecnologías para sus servicios, debido a la creciente de la demanda.

La transmisión de servicios de IPTV requiere una alta cantidad de ancho de banda, y requiere transmisiones sin degradaciones, pérdidas de información, retrasos, fluctuaciones, interferencia de ruido, etc. En el que [14] propone un algoritmo, analizando

El ruido impulsivo disminuye la calidad de audio y video en la recepción de televisión, al transferir la calidad de flujo audiovisual transmitido depende de la carga de la red actual, en la que puede ser codificado por diferentes métodos como son MPEG-2, MPEG-4, H.264 y VC-1 y formatos (SDTV o HDTV), en donde puede afectar otros fenómenos de la red, en la Tabla 3 podemos observar las causas y efectos que tiene el ruido impulsivo dentro de las redes ADSL.[6]

Tabla 3. Causas/Efecto Ruido impulsivo sobre ADSL/ADSL2+

	Causa	Efecto
Distorsión de audio	Sincronización labial	Micrófono-cámara fuera de sincronización, edición, mala multiplexación de A / V, decodificado
	Ruido de audio	Paquetes perdidos
	Pérdida de audio	Paquetes perdidos
Distorsión de video	Bloqueo de video - Tipo 1	Paquetes perdidos, falta de ancho de banda
	Bloqueo de video - Tipo 2	Paquetes perdidos, falta de ancho de banda
	Video Jerkiness	Paquetes / jitter perdidos, reloj del sistema defectuoso, pérdida de sincronización, corte de escena
	Congelación de video	Principales paquetes perdidos / jitter, reloj del sistema defectuoso, pérdida de sincronización
	Apagón de video	No hay señal de video en la fuente, paquetes perdidos importantes, falta de ancho de banda
	Desenfoco de video	Codificador, decodificador, cámara
	Ruido de video	Codificador, decodificador, cámara

Fuente: J. Krejčí and T. Zeman, "Influence of noise on IPTV over xDSL," in 2009 16th International Conference on Systems, Signals and Image Processing,

Modelos matemáticos

Los canales ADSL que dependen de la frecuencia: Discusión

$$S_R(f) = S_T^{Usuario}(f) e^{-k(d)\sqrt{f}} + S_N(f) \left[\frac{W}{Hz} \right] \quad (4)$$

Donde $k(d) = k_1 d/d_{ref}$

Tipicamente:

$$k_1 = 1.158$$

$$d_{ref} = 6 \text{ km}$$

Ruido:

$$S_N(f) = S_T^{Interf}(f) |H_{XT}(f)|^2 = S_T^{Interf}(f) \beta f^{3/2} \left[\frac{W}{Hz} \right] \quad (5)$$

Típicamente:

$$\beta = 10^{-9}$$

Relación Señal a ruido:

$$\left(\frac{S}{N} \right)_R = \frac{S_T^{Usuario}(f) |H_c(f)|^2}{S_T^{Interf}(f) |H_{XT}(f)|^2} \approx \frac{|H_c(f)|^2}{|H_{XT}(f)|^2} = \frac{e^{-k\sqrt{f}}}{\beta f^{3/2}} \quad (6)$$

Es en función de la frecuencia:

$$\left(\frac{S}{N} \right)_R = SNR = \frac{e^{-k(d)\sqrt{f}}}{\beta f^{3/2}} \quad (7)$$

Simulación en matlab

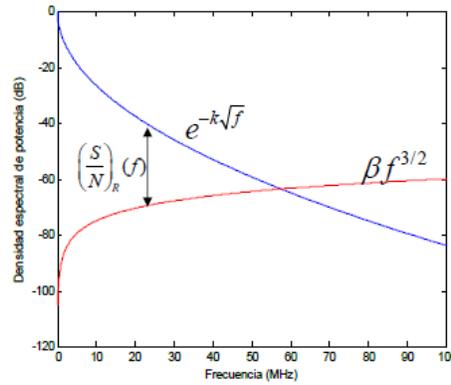
En esta sección, el rendimiento de los modelos propuestos y convencionales se estudiará bajo las características del canal AWGN [15]. Los parámetros de simulación se dan en la Tabla 4.

Tabla 4. Parámetros de simulación

Tipo de Modulación=QAM	64-QAM
Número de sub-portadoras efectivas	128, 256
Tasa de datos	6.536Mbps
Modelo de canal	AWGN

Fuente: C. Bousoño Calzon, "Tema 6: Capacidad de Canal Parte 1. Canales Continuos,"

Figura 13. Simulación Matlab



Fuente: C. Bousoño Calzon, “Tema 6: Capacidad de Canal Parte 1. Canales Continuos,”

Tabla 4. Probabilidad de bit de error para cada uno de los tres impulsos (sin codificar)

Impulse	Rat e Nois e	608kbps			1.216kbps			2.048kbps		
		AWG N	SC1	SC 2	AWG N	SC1	SC 2	AWG N	SC 1	SC2
"imp"	0dB	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0
high peak	6dB	0.5	0.5	0.3	0.5	0.4	0.25	0.5	0.3	0.225
2 DMT	12dB	0.5	0.2	0.7	0.5	0.2	0.7	0.5	0.1	0.07
"ex"	0dB	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
smaller peak	6dB	0.5	0.4	0.3	0.5	0.35	0.3	0.5	0.35	0.2
1 DMT	12dB	0.5	0.35	0.25	0.5	0.3	0.2	0.5	0.3	0.2
"raf"	0dB	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
smallest peak	6dB	0.4	0.08	0.05	0.3	0.8	0.05	0.3	0.1	0.05
2.5DMT	12dB	0.3	0.019	0	0.25	0.038	0.05	0.22	0.13	0.007

Fuente: W. Yu, D. Toumpakaris, J. M. Cioffi, D. Gardan, and F. Gauthier, “Performance of asymmetric digital subscriber lines in an impulse noise environment,”

Tabla 5. Número máximo de bits error esperado alcanzado en función de profundidad de intercalación, impulso, margen, modelo de diafonía y la velocidad objetivo

		Impulse "imp"			Impulse "ex"			Impulse "raf"		
Coding		FEC, NO INTERLEAVING (D = 0)								
Margin		0	6	12	0	6	12	0	6	12
		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
608 kbps	AWG N	74	73	71	48	47	47	84	81	72
	SC	72	59	32	46	39	32	73	34	15
	SC2	44	35	21	34	33	29	39	25	2
1.2 Mbps	AWG N	133	131	129	86	85	86	149	138	118
	SC	125	92	55	81	66	54	109	57	33

	SC2	80	64	31	63	62	48	74	41	9
2.0 Mbps	AWG	216	213	205	139	138	139	243	225	190
	N									
	SC	187	128	60	124	110	78	144	99	20
	SC2	134	100	46	107	97	71	130	61	16
Coding		FEC, NO INTERLEAVING (D = 8)								
	Margin	0	6	12	0	6	12	0	6	12
		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
608 kbps	AWG	75	60	56	28	0	0	90	77	64
	N									
	SC	74	21	0	18	0	0	79	1	0
	SC2	7	0	0	2	0	0	2	0	0
1.2 Mbps	AWG	138	126	124	81	72	73	155	135	119
	N									
	SC	132	89	23	77	56	31	118	29	1
	SC2	83	37	0	60	39	4	74	2	0
2.0 Mbps	AWG	225	216	202	148	140	137	250	216	176
	N									
	SC	199	121	38	135	100	62	157	93	0
	SC2	140	97	6	113	87	57	154	48	0
Coding		FEC, NO INTERLEAVING (D = 32)								
	Margin	0	6	12	0	6	12	0	6	12
		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
608 kbps	AWG	9	0	0	8	0	0	13	0	0
	N									
	SC	9	0	0	8	0	0	13	0	0
	SC2	7	0	0	6	0	0	9	0	0
1.2 Mbps	AWG	8	0	0	8	0	0	26	0	0
	N									
	SC	8	0	0	8	0	0	15	0	0
	SC2	8	0	0	6	0	0	12	0	0
2.0 Mbps	AWG	209	62	27	6	16	16	14	0	0
	N									
	SC	81	0	0	7	0	0	14	0	0
	SC2	7	0	0	13	0	0	16	0	0
Coding		FEC, NO INTERLEAVING (D = 64)								
	Margin	0	6	12	0	6	12	0	6	12
		dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB	dB
608 kbps	AWG	18	0	0	13	0	0	18	0	0
	N									
	SC	17	0	0	13	0	0	17	0	0
	SC2	11	0	0	9	0	0	10	0	0
1.2 Mbps	AWG	16	0	0	16	0	0	16	0	0
	N									
	SC	16	0	0	15	0	0	16	0	0
	SC2	14	0	0	12	0	0	15	0	0
2.0 Mbps	AWG	14	0	0	14	0	0	14	0	0
	N									
	SC	14	0	0	14	0	0	14	0	0

SC2	16	0	0	16	0	0	16	0	0
-----	----	---	---	----	---	---	----	---	---

Fuente: W. Yu, D. Toumpakaris, J. M. Cioffi, D. Gardan, and F. Gauthier, "Performance of asymmetric digital subscriber lines in an impulse noise environment,"

Conclusiones

Las redes basadas en ADSL posee grandes ventajas como es la de fusionar la voz y datos por la misma línea, pero al momento de utilizar los diferentes servicios sobre internet como pueden ser: IPTV, video conferencia, videos en tiempo real, etc, no todas las líneas ADSL prestan este servicio con la calidad necesaria, debido a que en el par de cobre existen procesos de interferencias con ruido, que pueden ser adquiridas tanto en el transporte de la señal, como en los terminales o conectores donde inicia la conexión del transporte del proveedor, como en los conectores en la conexión con el usuario final, además existe atenuación en la red de cobre generada debido a las distancias que hay entre el proveedor y usuario.

Analizando particularmente la Ciudad de Cuenca, podemos verificar que la mayoría de proveedores que prestan el Servicio de internet, ofrecen sus servicios sobre fibra óptica hasta el usuario final, a excepción de ETAPA, la que es la única empresa que está autorizada en la ciudad en ofrecer los servicios de internet sobre el casco central, utilizando la obra civil e infraestructuras de la misma.

Se recomienda a ETAPA, que para dar un servicio con QoS se debería reemplazar las redes de cobre por redes de FO, con lo que no se tendrá pérdidas de datos o retrasos en los mismos.

Referencias

1. Z. Soban, "ADSL overview," 2004. [Online]. Available: <https://hw-server.com/adsl-overview>. [Accessed: 17-Jan-2020].
2. J. L. Bernudez, "Diccionario de Antónimos," 2011. [Online]. Available: <http://www.antonimos.net/estacionario>. [Accessed: 02-Dec-2019].
3. J. M. Marín Diazaraque, "Introducción a los Procesos Estocásticos," 2014.
4. J. F. López, "Proceso estocásticos," 2019.
5. M. C. Ruiz Abellón, "PROCESOS ESTOCÁSTICOS," 2015.
6. J. Krejčí and T. Zeman, "Influence of noise on IPTV over xDSL," in 2009 16th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2009, 2009.

7. N. Y. A. Alsaleem, R. M. Abdullah, and M. Y. A. Alsaleem, "Mathematical models of peer to peer networks for stream IPTV transmission," in 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2018, pp. 112–116.
8. CEMDAL, "Historia de las interferencias (EMI) ," 2016. [Online]. Available: <https://www.cemdal.com/2016/11/06/historia-de-las-interferencias-emi/>. [Accessed: 17-Jan-2020].
9. EM-Safe, "Electromagnetic field," 2011. [Online]. Available: <https://www.sintef.no/projectweb/em-safety/what-is-emf/>. [Accessed: 17-Jan-2020].
10. G. D. E. AGENCIA ESTATAL DE SEGURIDAD AÉREA, "5.14 ENTORNO ELECTROMAGNÉTICO INTERFERENCIA ELECTROMAGNÉTICA (EMI) El Fenómeno de la Interferencia Electromagnética," 2012.
11. J. P. LOPEZ VERAGUAS, *Compatibilidad Electromagnética*, Maracombo. 2006.
12. M. H. Tooley and M. Tooley, *Aircraft Digital Electronic and Computer System. Principles, Operation and Maintenance*. 2007.
13. W. Yu, D. Toumpakaris, J. M. Cioffi, D. Gardan, and F. Gauthier, "Performance of asymmetric digital subscriber lines in an impulse noise environment," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 51, no. 10. pp. 1653–1657, 2003.
14. Maraj and A. Shehu, "Bandwidth allocation and QoS analysis for multi IPTV video channels transmission through ADSL line," in *Proceedings Elmar - International Symposium Electronics in Marine*, 2014, pp. 151–154.
15. Bousoño Calzon, "Tema 6: Capacidad de Canal Parte 1. Canales Continuos," 2010.

References

1. Z. Soban, "ADSL overview," 2004. [Online]. Available: <https://hw-server.com/adsl-overview>. [Accessed: 17-Jan-2020].
2. J. L. Bernudez, "Dictionary of Antonyms," 2011. [Online]. Available: <http://www.antonimos.net/estationary>. [Accessed: 02-Dec-2019].
3. J. M. Marín Diazaraque, "Introduction to Stochastic Processes," 2014.
4. J. F. López, "Stochastic Process," 2019.
5. M. C. Ruiz Abellón, "STOCKHOLD PROCESSES," 2015.

6. J. Krejčí and T. Zeman, “Influence of noise on IPTV over xDSL,” in 2009 16th International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2009, 2009.
7. N. Y. A. Alsaleem, R. M. Abdullah, and M. Y. A. Alsaleem, “Mathematical models of peer to peer networks for stream IPTV transmission,” in 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), 2018, pp. 112-116.
8. CEMDAL, “History of interference (EMI),” 2016. [Online]. Available: <https://www.cemdal.com/2016/11/06/historia-de-las-interferencia-emi/>. [Accessed: 17-Jan-2020].
9. EM-Safe, “Electromagnetic field,” 2011. [Online]. Available: <https://www.sintef.no/projectweb/em-safety/what-is-emf/>. [Accessed: 17-Jan-2020].
10. G. D. E. STATE AIR SAFETY AGENCY, “5.14 ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT ELECTROMAGNETIC INTERFERENCE (EMI) The Phenomenon of Electromagnetic Interference,” 2012.
11. J. P. LOPEZ VERAGUAS, Electromagnetic Compatibility, Maracombo. 2006
12. M. H. Tooley and M. Tooley, Aircraft Digital Electronic and Computer System. Principles, Operation and Maintenance. 2007
13. W. Yu, D. Toumpakaris, J. M. Cioffi, D. Gardan, and F. Gauthier, “Performance of asymmetric digital subscriber lines in an impulse noise environment,” IEEE Transactions on Communications, vol. 51, no. 10. pp. 1653–1657, 2003.
14. Maraj A. and A. Shehu, “Bandwidth allocation and QoS analysis for multi IPTV video channels transmission through ADSL line,” in Proceedings Elmar - International Symposium Electronics in Marine, 2014, pp. 151–154.
15. Bousoño C. Calzon, “Topic 6: Channel Capacity Part 1. Continuous Channels,” 2010.

Referências

1. Z. Soban, “Visão geral do ADSL”, 2004. [Online]. Disponível: <https://hw-server.com/adsl-overview>. [Acesso em 17 jan. 2020].
2. J. L. Bernudez, "Dicionário de antônimos", 2011. [Online]. Disponível: <http://www.antonimos.net/estationary>. [Acesso em 02/12/2019].

3. J. M. Marín Diazaraque, "Introdução aos processos estocásticos", 2014.
4. J. F. López, "Proceso Estocástico", 2019.
5. M. C. Ruiz Abellón, "PROCESSOS DE ESTOQUE", 2015.
6. J. Krejčí e T. Zeman, "Influência do ruído na IPTV sobre xDSL", em 2009, 16ª Conferência Internacional sobre Sistemas, Sinais e Processamento de Imagem, IWSSIP 2009, 2009.
7. N.Y. A. Alsaleem, R. M. Abdullah e M. Y. A. Alsaleem, "Modelos matemáticos de redes ponto a ponto para transmissão IPTV de fluxo", em 2018 IEEE 9ª Conferência Internacional sobre Sistemas, Serviços e Tecnologias Confiáveis (DESSERT), 2018, pp. 112-116.
8. CEMDAL, "História da interferência (EMI)", 2016. [Online]. Disponível: <https://www.cemdal.com/2016/11/06/historia-de-las-interferencia-emi/>. [Acesso em 17 jan. 2020].
9. EM-Safe, "Campo eletromagnético", 2011. [Online]. Disponível: <https://www.sintef.no/projectweb/em-safety/what-is-emf/>. [Acesso em 17 jan. 2020].
10. G. D. E. AGÊNCIA DE SEGURANÇA AÉREA DO ESTADO, "5.14 AMBIENTE ELETROMAGNÉTICO INTERFERÊNCIA ELETROMAGNÉTICA (IME) O Fenômeno da Interferência Eletromagnética", 2012.
11. J. P. LOPEZ VERAGUAS, Compatibilidade Eletromagnética, Maracombo. 2006
12. M. H. Tooley e M. Tooley, Sistema Eletrônico e Computador Digital para Aeronaves. Princípios, Operação e Manutenção. 2007
13. W. Yu, D. Toumpakaris, J. M. Cioffi, D. Gardan e F. Gauthier, "Desempenho de linhas de assinante digital assimétricas em um ambiente de ruído de impulso", IEEE Transactions on Communications, vol. 51, n. 10. pp. 1653-1657, 2003.
14. Maraj A. e A. Shehu, "Alocação de largura de banda e análise de QoS para transmissão de canais de vídeo IPTV múltiplos através da linha ADSL", em Proceedings Elmar - International Symposium Electronics in Marine, 2014, pp. 151-154.
15. Bousoño C. Calzon, "Tópico 6: Capacidade do Canal Parte 1. Canais Contínuos", 2010.

©2019 por el autor. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).