

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

**CARRERA:
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:
INGENIEROS ELECTRÓNICOS**

**TEMA:
ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DEL RUIDO EN EL ESTÁNDAR DE
AUDIO DAB**

**AUTORES:
DIEGO PAÚL GARCÉS CEVALLOS
DEVVIN WELLINGTON MENA TINOCO**

**TUTOR:
LUIS GERMÁN OÑATE CADENA**

Quito, febrero del 2021

CESIÓN DEL DERECHO DEL AUTOR

Nosotros, Diego Paúl Garcés Cevallos y Devvin Wellington Mena Tinoco con documentos de identificación N°- 1723795611 , N°- 1722340310 respectivamente, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de grado intitulado: ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DEL RUIDO EN EL ESTÁNDAR DE AUDIO DAB, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Electrónicos, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Diego Paúl Garcés Cevallos

C.I.: 1723795611

Devvin Wellington Mena Tinoco

C.I.: 1722340310

Quito, febrero del 2021

DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR

Yo, Luis Germán Oñate Cadena con documentos de identificación N°- 1712157401, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el Artículo Académico, ANÁLISIS DE LA DISMINUCIÓN DEL RUIDO EN EL ESTÁNDAR DE AUDIO DAB realizado por Diego Paúl Garcés Cevallos y Devvin Wellington Mena Tinoco, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, febrero del 2021



Ing. Luis Germán Oñate Cadena.

C.I.:

Dedicatoria

Este trabajo se lo dedicó a mis padres, que fueron mi apoyo incondicional ya que siempre estuvieron a mi lado, a mis abuelos que nunca dejaron de estar pendiente de mi, y en especial a mi abuelo Gonzalo Garcés que aún desde el cielo me acompañó para llegar a la meta siendo mi inspiración y sostén en esos momentos donde las cosas no eran fáciles. Y con mucho amor a toda mi familia que creyó en mi para ahora llegar a ser el profesional que siempre anhelaron.

Diego Garcés

Este trabajo se lo dedico a mi hija Emily, para que al verlo recuerde que todos los sueños son posibles, que cada día es una nueva oportunidad para ser mejor y que a pesar de las adversidades siempre existe y existirá razones para ser feliz.

Devin Mena

Agradecimiento

Este trabajo se lo debemos al inmenso apoyo de diversas personas que en el transcurso de nuestra formación académica han sabido guiarnos a lo largo de estos años:

A nuestros padres por el amor, sacrificio y confianza otorgada en búsqueda de una meta y un futuro prometedor.

A nuestros hermanos por el inmenso ejemplo dado a través de sus actos que nos permitieron sobrellevar momentos difíciles y aferrarnos al cumplimiento de este objetivo.

A todos los docentes que con cada enseñanza y motivación inundaron nuestro corazón con un profundo amor a la ingeniería y conocimientos que nos acompañaran eternamente.

A nuestros amigos ya que juntos a ellos compartimos risas, conocimientos, experiencias y vivencias que quedaran grabados en nuestras mentes y corazones, sin duda una de las mejores etapas de nuestras vidas.

Y finalmente queremos agradecer a Dios ya que sin el nada de esto sería posible.

Análisis de la disminución del ruido en el estándar de audio DAB

Garcés Cevallos Diego, Mena Tinoco Devvin, Oñate Cadena Luis

Universidad Politécnica Salesiana

Quito, Ecuador

dgarcesc@est.ups.edu.ec

dmenat@est.ups.edu.ec

lonatec@ups.edu.ec

Resumen— En este artículo se realiza un análisis referente a la cantidad de ruido en las señales de audio pertenecientes al sistema DAB (Digital audio Broadcasting), simulado mediante el software MatLab. Para esto se realizó una comparación entre las señales que se obtienen a la salida del sistema DAB con y sin la utilización de un filtro adaptativo, permitiendo conocer en qué grado mejora la calidad de la señal al ser filtrada. Con este fin se utilizó técnicas de medición como el BER (Bit Error Rate) y la relación señal a ruido en diferentes etapas del sistema y se las compara mediante variaciones de potencia a través del canal AWGN en el sistema, de esta forma se obtuvo una disminución de ruido en las señales de audio que fueron filtradas en comparación a las señales no filtradas.

Abstract— In this article an analysis is carried out regarding the amount of noise in the audio signals belonging to the DAB (Digital audio Broadcasting) system, simulated using the MatLab software. For this, a comparison was made between the signals obtained at the output of the DAB system with and without the use of an adaptive filter, allowing to know to what degree the signal quality improves when filtered. For this purpose, measurement techniques such as the BER (Bit Error Rate) and the signal-to-noise ratio in different stages of the system were used and compared by power variations through the AWGN channel in the system, in this way a noise reduction in audio signals that were filtered system, in this way a noise reduction in audio signals that were filtered compared to unfiltered signals.

I. INTRODUCCIÓN

El sistema de comunicaciones DAB como estándar de radio digital ha presentado diversas características significativas como mejoras en la calidad de audio y señales más robustas, actualmente el sistema de radio FM y AM se encuentra saturados [1] por lo cual los diferentes sistemas de radio digital se han establecido en gran parte del mundo, como características primordiales de este

sistema se encuentran la mejor eficiencia de envío de datos, ahorro de potencia de transmisión y el envío de diferentes programaciones en el mismo ancho de banda [2]. No obstante, este sistema se ve inmerso en diferentes perturbaciones que degradan la calidad de la señal, la exposición a ruido afecta a una gran cantidad de bits consecutivos y perturbaría la señal recibida [3], según el artículo de Gunnar Bedicks los diferentes tipos de ruido que pueden afectar a sistemas de transmisión digital son generados por diversas fuentes eléctricas en una ciudad como líneas de transmisión de alto voltaje, electrodomésticos o herramientas eléctricas [3]. Frente a esta problemática a resolver es necesario analizar la calidad de la señal, para esto se da el uso de filtros adaptativos que frecuentemente se emplean en comunicaciones y procesamiento de señales [4]. El filtro trabaja con un algoritmo adaptativo que automáticamente ajusta los parámetros de la señal presente en ese momento para adaptarla a una señal desconocida o ruido [5].

En este artículo se realizará una simulación del sistema DAB, donde se espera reducir el ruido inmerso en las señales de audio del sistema a través de la utilización de filtros adaptativos, permitiendo así realizar mediciones entre la señal filtrada y la señal no filtrada. De esta forma se podrá comprobar la cantidad de ruido en cada una de las señales y determinar si mejora la calidad de recepción para el usuario final.

En la sección II del artículo se detalla las principales características del sistema DAB, las perturbaciones ocasionadas por el ruido, el funcionamiento del filtro adaptativo y las técnicas de medición aplicadas a este experimento. En la sección III se explicará la simulación del sistema DAB sin filtros adaptivos y posteriormente se incluirán los filtros adaptivos en el sistema DAB. En la sección IV se realiza un análisis de parámetros y de valores en gráficas obtenidos en el experimento, para en base a estos establecer conclusiones.

II. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA

A. Sistema DAB

El estándar del sistema DAB cumple la función de transportar servicio de audio digital [6] y es el sistema

capaz de proveer amplias cualidades como mejor calidad de audio y ahorro energético en escenarios multi trayectos con retardos o desvanecimientos [7]. Permite una recepción sin distorsión, incluso en un ambiente montañoso, edificios de gran altura, hasta en malas condiciones climáticas. Se transmiten dentro de un múltiplexor compuesto de seis a diez estaciones de radio en una sola frecuencia, esta es una razón por la que DAB transmite más programas que FM. Este sistema usa OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) como código de canal [8], para la codificación se permite velocidades de muestreo de 48KHz y 24KHz con muestras de 24 ms o 48 ms respectivamente [6].

Con la radio digital DAB, el usuario logra una recepción sólida y un sonido puro, mientras se encuentre en el área de cobertura, ahora las emisoras pueden transmitir muchas más estaciones que nunca, todo esto gracias al funcionamiento de esta tecnología. [9].

En el estándar DAB resalta la existencia de un problema de ruido y propagación relacionado con la transmisión de datos, para lo cual es recomendable guiarse en análisis de estudios realizados anteriormente. El ruido es verdaderamente relevante en la radio digital, se distingue por un tiempo de subida muy acelerado y puede aparecer tanto en rangos de frecuencia VHF como en UHF [10]. La actividad eléctrica interfiere el espectro de radiofrecuencia con este tipo de comunicaciones. Los factores que afectan pueden ser líneas de transmisión de energía eléctrica, motores de coches, electrodomésticos, etc. [3] Los receptores de las señales digitales pueden presentar anomalías (decodificación incorrecta de la señal), si el ruido impulsivo es alto puede generar congelación instantánea del audio o desvanecer lo por completo.

B. Filtros Adaptativos

Son filtros digitales que tienen la capacidad de adaptarse a cambios y seguimiento de la señal, esto se da gracias a su algoritmo adaptativo el cual le da una naturaleza de filtrado inteligente. Ya que pueden adaptarse a las diferentes alteraciones en la señal de entrada, estos filtros se han vuelto más usados en aplicaciones como: cancelación del ruido, cancelación del eco, ecualización de canales, etc [11]. Existen diferentes tipos de algoritmos adaptativos dependiendo de la aplicación en la que trabaje el filtro [12]. El funcionamiento del filtrado adaptativo implica:

Una señal de entrada sometida a un proceso de filtrado la cual será comparada con una señal deseada que también ingresará al filtro y permitirá la obtención de una señal de error. El proceso adaptativo, lo proporciona el algoritmo adaptativo, modifica el coeficiente del filtro y cambia su valor dinámicamente con el fin de obtener una señal de salida y lograr que la señal de error se acerque a cero [13]. El algoritmo utilizado en esta simulación es de tipo NLMS (Normalized Least Mean Squares), el cual presenta mayor

robustez a su antecesor el algoritmo LMS, debido a la convergencia de la potencia de la señal de entrada [14].

Para poder explicar las ecuaciones pertenecientes al algoritmo NLMS se debe partir del algoritmo LMS definido por la ecuación:

$$W(n+1) = W(n) + \mu e[n] X_n \quad (1)$$

Donde:

$W(n+1)$ = Vector de peso siguiente

$W(n)$ = Vector de peso actual

μ = Factor de convergencia

$e[n]$ = Error instantáneo

X_n = Vector con muestras de la señal de entrada

Como se puede visualizar en la ecuación (1) el valor de la velocidad de convergencia se ve comprometido con la del error cuadrático [15], por lo cual esta dependencia se trata de corregir mediante la normalización del factor μ .

$$W(n+1) = W(n) + \alpha \frac{X_n}{\|X_n\|^2} e[n] \quad (2)$$

Donde:

$W(n+1)$ = Vector de peso siguiente

$W(n)$ = Vector de peso actual

α = Constante

$e[n]$ = Error instantáneo

X_n = Vector con muestras de la señal de entrada

$\|X_n\|^2$ = Vector de muestras de la señal de entrada normalizada.

Al ser α una constante se puede modificar las características de la señal de entrada $\frac{X_n}{\|X_n\|^2}$, ya que con esto se logra disminuir las variaciones de la señal normalizando la constante de convergencia μ [15].

C. BER y SNR

Para la estimación de valores obtenidos en la simulación se realizará mediciones que cuantifique la fiabilidad de un sistema midiendo la entrada de datos y comparándolos con los de salida como el BER [16], y determinando la potencia de una señal en relación a la potencia del ruido presente en el sistema mediante técnicas de medición de SNR. A continuación, se muestra las fórmulas para el cálculo de mediciones de BER y SNR:

$$BER = \frac{N \text{ Err}}{N \text{ bits}} \quad (4)$$

$$SNR(dB) = 20\log\left(\frac{Pot. Señal}{Pot. Ruido}\right) \quad (5)$$

El ruido es el principal factor de degradación para el desempeño del BER y el SNR, a medida que la potencia de ruido sea mayor el valor del BER aumentará lo cual implica un mayor número de errores. El estudio de Gary Breed sugiere ampliar la potencia de transmisión ya que esto elevará la energía de cada bit y reducirá la densidad de ruido del sistema [16].

III. MODELADO

En el software Simulink se implementó un conjunto de bloques basados en el estándar DAB del artículo de Chao Yu y Yu Chang [17], de esta forma se permite la posibilidad de experimentar y cuantificar diferentes parámetros de medición como el BER y el SNR para su respectivo análisis y comparaciones. En la Fig. 1 se puede observar la simulación del sistema y el filtro adaptativo desarrollado. Para la simulación del sistema DAB se requirió la ayuda bibliográfica de los manuales con las especificaciones técnicas del mismo, definidas por el European Telecommunication Standard Institute [18].

A continuación, se da una breve explicación de los bloques principales utilizados para este experimento y los parámetros designados para el funcionamiento del mismo.

A. From Multimedia File

Este bloque permite la implementación de una señal de audio real al sistema [19], brindando la capacidad de incluir diferentes tipos de formato de archivo de audio, para este experimento se utilizará audio en formato MP3.

B. Scrambler

Este bloque permite la codificación de la señal de audio inmersa en el bloque A, el algoritmo de Scrambler opera sobre la carga útil de un paquete para la codificación [19]. El polinomio generador $P(x) = x^9 + x^5 + 1$ ingresado en este bloque permitirá una adecuada dispersión de energía [17].

C. Convolutional Encoder

Codifica la señal proveniente del bloque B, el propósito de esta es disminuir distorsiones aportando mayor robustez a la señal de transmisión [6]. Este bloque tiene un valor de 7 como longitud de restricción el cual limitará el número de entradas en el diagrama del codificador [17].

D. Convolutional Interleaver

Este bloque recibe la señal proveniente del bloque C y permite la permutación de los símbolos de la señal de entrada [19]. Los canales para tecnologías inalámbricas digitales generan errores que ocurren principalmente en ráfagas, este bloque crea una distribución de errores más uniforme aumentando la capacidad de corrección [20].

E. DQPSK Modulator

Estos bloques brindan al sistema la capacidad de modulación, permitiendo la posibilidad de cuatro fases de cambios posibles a la señal, en este caso se ha elegido una rotación de fase de $\pi/4$ por lo cual el bloque realizara cambios de fase que van en el orden de π , $\pi/2$, 0 y $-\pi/2$ [21].

F. OFDM Modulator

Estos bloques permiten la realización de técnicas de modulación digital de alta velocidad, capaz de permitir un gran ancho de banda debido a la utilización de varias señales portadoras [22]. El valor de FFT (Fast Fourier Transform) designado en el bloque variara dependiendo de la muestra de audio y los parámetros ajustados en bloques anteriores, para este caso se usó un valor de 16424.

G. AWGN

Al igual que en muchos sistemas de telecomunicaciones simulados se da uso del canal AWGN (Add White Gaussian Noise), esto con el fin de añadir ruido al sistema propuesto haciendo referencia al canal de propagación de un sistema de comunicación real. Para la realización de pruebas y cuantificación de los valores de señal/ruido y BER se ha decidido variar los niveles de ruido Gaussiano blanco en el bloque AWGN mediante el modo SNR. Cabe mencionar que el bloque AWGN al trabajar en modo de variación SNR se da una relación inversa, mientras menor sea el valor de relación señal a ruido en este, mayor va a ser la cantidad de ruido que ingresa al sistema.

H. OFDM Demodulator

Una vez que la señal digitalizada atravesado el canal de propagación propuesto por el bloque G es necesario comenzar con el proceso de recuperación de la señal de audio, el bloque OFDM Demodulator realizara el proceso de demodulación digital de alta velocidad de la señal, al igual que en el bloque F el valor de FFT es de 16424.

I. DQPSK Demodulator

Para que la señal sea recuperada y audible es necesario realizar el proceso de demodulación DQPSK para esto se dará utilización a este bloque, de la misma forma se elige una rotación de fase de $\pi/4$ puesto que se realizarán los mismo cambios de fase previamente efectuados en el proceso de modulación.

J. Viterbi Decoder

Este bloque decodifica el flujo de la señal en el lado del receptor a través del uso del algoritmo Viterbi [23]. Para esta simulación se utilizó la opción Hard decisión puesto que la entrada esta digitalizada y al ser una ráfaga de bits entre 0 o 1 el decodificador toma decisiones tempranas.

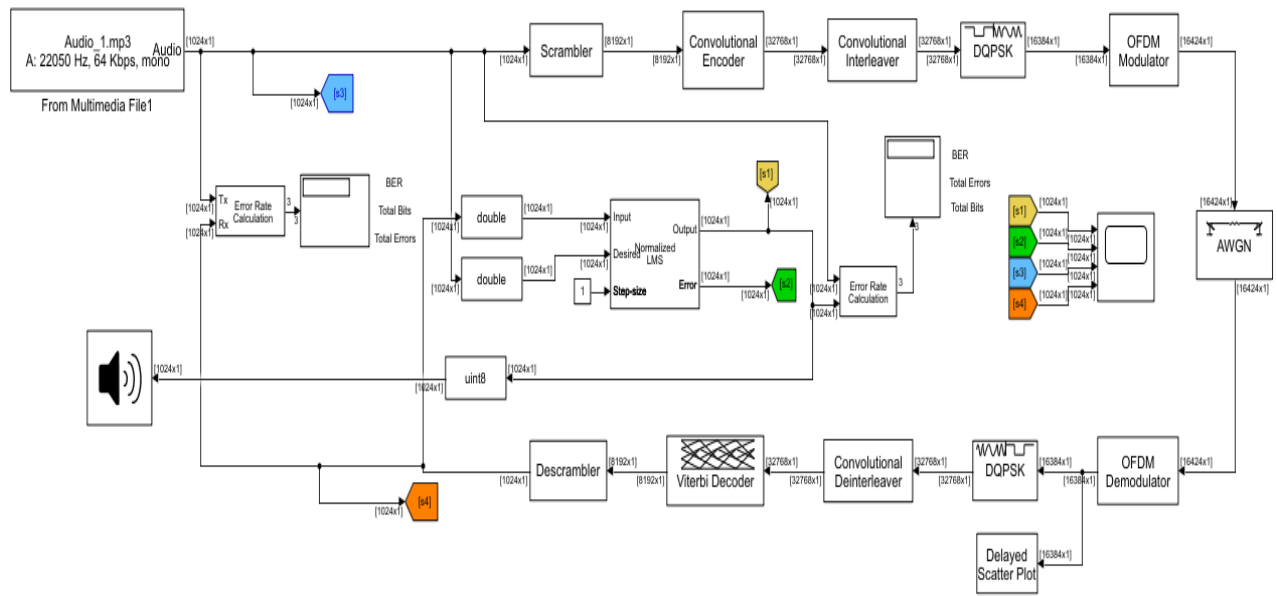


Fig. 1 Modelo de sistema DAB con filtro adaptativo tipo NLMS desarrollado en el software Simulink.

K. Descrambler

El bloque Descrambler opera inversamente al Escrambler y permite un proceso de decodificación. Este trabaja con el polinomio generador $P(x) = x^9 + x^5 + 1$ al igual que el bloque B. Este bloque conecta al parlante del sistema y permite la reproducción de la señal enviada.

L. Filtro NLMS

Para el análisis de niveles de ruido en las señales del estándar DAB se requiere la comparación del sistema con y sin la utilización del filtro adaptativo, es por esto que se lo ha implementado al final del conjunto de bloques del sistema simulado, se añadió un bloque que permite el filtrado de la señal mediante algoritmos adaptativos, el filtro conecta diferentes señales del sistema para su funcionamiento permitiendo la comparación de la señal original con la señal obtenida y su respectivo error. Este bloque presenta dos entradas y dos salidas conectados de la siguiente forma:

Entradas:

Input conecta al bloque Descrambler y permite el ingreso de la señal a ser filtrada. Este bloque requiere que todos los datos a ingresar sean del tipo `double` por lo cual se realiza una conversión antes del ingreso de datos. Desired se conecta a la muestra de audio original, puesto que esta es la señal deseada a la cual se espera llegar una vez sea filtrada la señal del sistema DAB. De igual forma se requiere una conversión del tipo `double` previa al ingreso de datos.

Step-Size para la conexión de este puerto se requiere el

uso de un bloque constante el cual va a tener un valor de entre 0 y 2 correspondiente al factor de convergencia, en este caso se asignó el valor de uno como valor por defecto.

Salidas:

Output permite la obtención de la señal filtrada y conecta al bloque Speaker para la reproducción del audio. Este puerto entrega datos de tipo `double` por lo cual se debe realizar una conversión a `unit8` previo al bloque speaker.

Error otorga el vector resultante entre la diferencia de la señal output y la señal desired, está conectada al bloque Scope para su posterior observación.

IV. RESULTADOS

En la Fig. 1 se puede visualizar diferentes señales de audio conectadas al bloque Scope, estas han sido señaladas en distintos colores para su fácil identificación, la señal de color amarillo pertenece a la salida del filtro adaptativo, la señal de color verde es la muestra del error dada por el filtro, la señal de color azul es la muestra del audio original y finalmente la señal de naranja pertenece a la muestra de audio del sistema DAB sin la utilización del filtro. Todas estas señales fueron tomadas en un periodo de tiempo de 10 segundos y con un valor de SNR de 6.5 en el canal AWGN.

Como se puede observar en la Fig. 2 se muestra cuatro gráficas pertenecientes al sistema simulado, el análisis comenzara con la señal de audio de color azul ya que al ser la señal de audio a transmitir se la puede usar como señal de referencia, los niveles de amplitud no presentan

ningún tipo de atenuación o perturbaciones causadas por ruido puesto que al ser la señal original no evidencia ninguna influencia por el sistema ni por el canal AWGN.

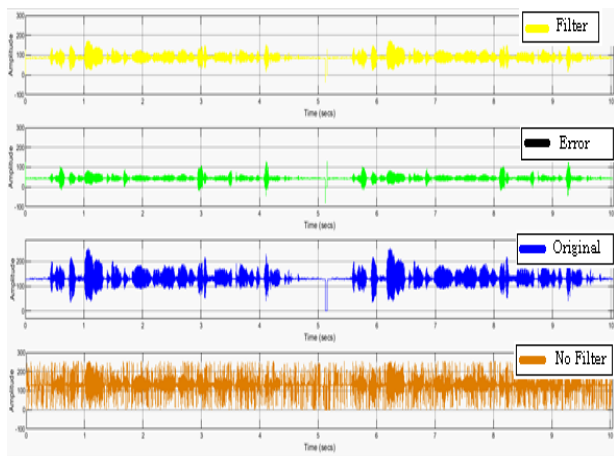


Fig. 2 Señales de audio provenientes de la simulación en orden de salida del filtro, error, señal original y señal sin filtro.

No obstante, se puede observar nivel de perturbaciones en la gráfica de color naranja, esto se da puesto que la señal original ya ha ingresado los bloques del sistema donde el canal AWGN ha agregado ruido al audio original obteniendo así una señal con altos niveles de degradación.

La señal de color amarilla denota pocos niveles de perturbaciones, a pesar de que esta al igual que la señal de color naranja ya se han visto involucradas a la degradación generada por el canal AWGN, se logra disminuir considerablemente el ruido presente en la señal debido a la utilización del filtro adaptativo. Finalmente, la señal de color verde muestra el error presente en el filtro, este resultado se obtiene entre la diferencia de amplitud de la señal original con la señal filtrada.

En el estudio de Chao Yu y Yu Chang [15] se muestran diferentes gráficas obtenidas en el sistema simulado, estas permitieron a los investigadores cuantificar las señales a niveles de ruido, en este estudio se desarrollará las mismas gráficas que permitirán la comparación de las señales en diferentes etapas del sistema. Mediante el uso del bloque de medición Error Rate Calculation se pudo determinar el nivel de BER para la señal del sistema con y sin la utilización del filtro.

En la Fig. 3 se presenta una gráfica comparativa entre BER Y AWGN, la señal de color azul grafica los valores de BER con la utilización del filtro mientras que la señal de color rojo grafica los valores de BER sin filtro. Para esta comparación se ha decidido variar los valores de SNR en el canal AWGN teniendo 3 dB como valor máximo de ruido y 8.5 dB como valor mínimo, con estos se logra agregar una cantidad considerable de ruido a las señales de audio y constatar el número de errores presentes en ellas. Se pudo determinar que ambas señales incrementan el nivel de BER a medida que el valor en el canal AWGN se reduce, cuando el sistema tiene un valor de 3 en el eje

x ambas señales presentaran el mayor número de errores, no obstante, la señal sin filtro presenta el valor más alto de BER del sistema aproximándose a 0.7062 específicamente, lo cual es elevado en comparación al nivel máximo de BER de la señal con filtro que se aproxima a 10^{-2} , de la misma forma se logra observar que en todos los puntos el valor de BER de la señal sin filtro es mayor que el valor de BER de la señal con filtro, lo cual determina que existe una disminución considerable de errores en la señal filtrada.

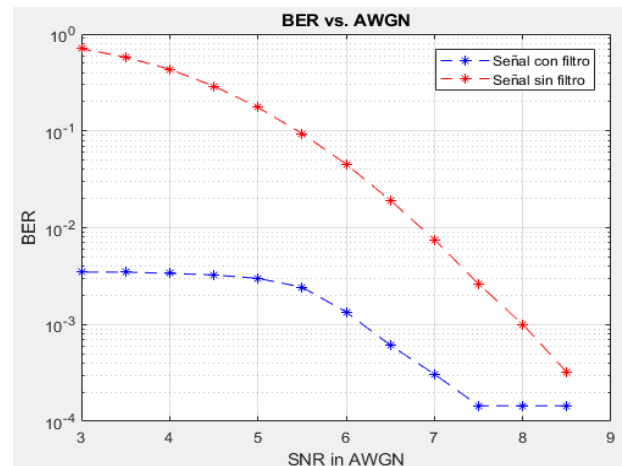


Fig. 3 Bit Error Rate vs. SNR en canal AWGN para señal con y sin uso de filtro adaptativo.

Mediante la utilización de la herramienta To Workspace se pudo tomar varias muestras del sistema para ser usadas con la función SNR en un script de MatLab, esto con el fin de determinar el nivel de ruido una vez que las señales pasan por el canal AWGN, de la misma forma que en el caso anterior se compara las dos señales de audio, una con la utilización del filtro adaptativo y otro sin la utilización del mismo.

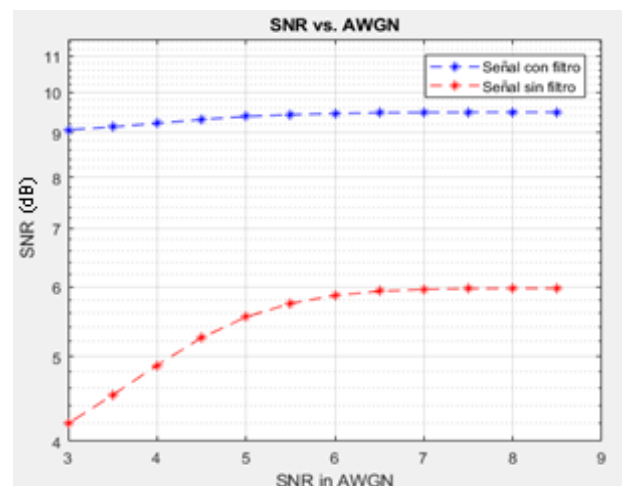


Fig. 4 SNR perteneciente a las señales de audio vs. SNR en canal AWGN para señales con y sin uso de filtro adaptativo.

En la Fig. 4 se muestra una gráfica entre SNR y el canal AWGN, lo cual permitirá determinar qué tan inmersas se ven las señales de audio una vez que son expuestas al ruido del sistema, la diferencia de SNR entre las dos señales es

amplia teniendo a la señal con filtro (color azul) con los valores más altos, cabe mencionar que mientras mayor sea el valor de SNR en una señal mejores serán sus características puesto que el ruido en esta será menor, el valor más alto de SNR en el sistema se logra mediante la utilización del filtro obteniendo un valor de 9.4942 dB, cuando el de la señal no filtrada es de 5.9794 dB una clara reducción de 3.5148 dB a un mismo nivel de AWGN, esto debido al uso del filtro adaptativo. Se puede constatar que a niveles altos de AWGN el valor de SNR en las señales comenzará a variar muy poco sin poder tener una clara diferencia entre estos.

V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permiten determinar que la utilización de un filtro adaptativo tipo NLMS reduce los niveles de ruido en las señales de audio del sistema sin añadir retardos ni aumentando el tiempo de procesamiento del sistema puesto que el filtro se encuentra en el receptor, las señales que no son filtradas presentan mayor número de errores en comparación a las señales que si usan el filtro, conjuntamente el valor del BER es más alto en la señal que no es filtrada y tiende a ser mayor esta diferencia cuando los niveles de ruido del sistema son altos, además mediante las mediciones señal a ruido se puede determinar una reducción de 3.5148 dB entre las dos señales, lo cual muestra una mejora en la calidad de la señal obtenida a través de la utilización del filtro en comparación a la señal no filtrada.

RECOMENDACIONES

Para la realización de trabajos posteriores se recomienda la comparación de diferentes algoritmos adaptativos al NLMS, en búsqueda de cuantificar los niveles de ruido presentes en las señales de audio del estándar DAB y el mejor sistema de adaptación.

REFERENCIAS

- [1] A. H. Mullo-López, H. A. Yaguana-Romero y L. C. Alvarez Garzón, «Contenido y estructura de la radio universitaria de Ecuador en el contexto analógico y digital,» vol. 21, pp. 118-123, 2017.
- [2] M. Kuyucu, Digital Audio Broadcasting (DAB) as a tool of future radio, Ankara: Gece Akademi, 2019.
- [3] R. M. Barcia Macías, Desarrollo de un sistema de medición de ruido de baja frecuencia para caracterización de canales conductivos en dispositivos electrónicos, Riobamba: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, 2019, pp. 6-8.
- [4] X. Yu, J. Liu y H. Li, «Performance analysis of adaptive filters for time-varying systems,» IEEE, vol. 32, pp. 1-2, 2013.
- [5] D. Shubhra y N. Deepak, «LMS Adaptive Filters for Noise Cancellation: A Review,» International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 7, n° 5, pp. 2520-2523, Octubre 2017.
- [6] ETSI EN 103 466 V1.1.1, Digital Audio Broadcasting (DAB); DAB audio coding (MPEG Layer II), 2016.
- [7] B. Myung-Sun, L. Bongho, Y. Kyutae, B. Seungkwon, L. Minsuk, S. Gunsu, K. Ki-Won y L. Hyoungsoo, «Design and Performance Evaluation of Advanced Digital Audio Broadcasting System,» vol. 7, pp. 9 -11, 28 November 2015.
- [8] V. Montalvo Durán, Comparación de las técnicas clipping and filtering (CAF) y selective mapping (SLM) para la reducción de la papr en sistemas ofdma y SC-FDMA, Quito: Universidad Politécnica Nacional, 2020, pp. 3 - 4.
- [9] T. Ahmed, R. Calvo y A. Haro, «Impact of Ultra Wide Band (UWB) on Digital Audio Broadcasting (DAB) and Digital Television (DTV) Systems,» pp. 1-2, 2005.
- [10] N. Leiva Ruiz y R. Fuentes Solano, Desarrollo de módulos didácticos para la implementación de prácticas de laboratorio para televisión digital, bogotá: universidad distrital francisco josé de caldas, 2015.
- [11] I. Ibrahim, «Echo Cancellation System using Adaptive Filters,» ResearchGate, pp. 4-5, 2014.
- [12] Y. Zhang y S. Xi, «Application of New LMS Adaptive Filtering Algorithm with Variable Step Size in Adaptive Echo Cancellation,» IEEE, vol. 17, pp. 1-2, 2017.
- [13] A. Rehman, F. Khan y B. Khan, «Analysis of Adaptive Filter and ICA for Noise Cancellation from a Video Frame,» pp. 1-2, 2016.
- [14] E. Pichardo, X. Maya, J. Avalos y J. Sanchez, «Combinación convexa del algoritmo de proyecciones afines con orden evolutivo y el algoritmo NLMS,» Aristas, vol. 6, n° 12, pp. 1-2, Junio 2018.
- [15] D. Millán Domingo, Estudio y comparativa de diferentes algoritmos adaptativos para la identificación de sistemas, Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya, 2012, pp. 36-44.
- [16] A. Bateman, Comunicaciones Digitales - Diseño para el mundo real, Marcombo Boixareu Editores, 2017, pp. 60-69.
- [17] Y. Chao-Tang y c. Yu-Pin, «DAB Channel Decoder Implementation Using FPGA and Its Testing Platform Buildup,» ResearchGate, pp. 1-3, 2014.
- [18] ETSI EN 300 401 V2.1.1, Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers, 2016.
- [19] MatLab, «Mathworks,» Mathworks Inc, 1994-2020. [En línea]. Available: <https://es.mathworks.com/products/matlab.html>. [Último acceso: 01 10 2020].
- [20] A. Agarwal y K. Agarwal, «Implementation and Performance Evaluation of OFDM System in Diverse Transmission Channel Using Simulink,» vol. 3, n° 5, p. 119, 2015.

- [21] J. A. Alvarado Sánchez, Estudio de las principales técnicas de modulación para el canal de radio, Cholula, Puebla, México, 2005.
- [22] H. Nguyen, T. Pham, H. Nguyen, V. Nguyen y Y. Jang, «Rolling MIMO-OFDM for Optical Camera Communication System,» pp. 103-104, 2020.
- [23] J. Millán Esteller, Técnicas y procesos en infraestructura de telecomunicaciones, Madrid: Paraninfo, 2018.

Descripciones de los autores:



Diego Paúl Garcés Cevallos egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica mención Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana en el año 2020. Nacido en Quito – Ecuador el 10 de noviembre del año 1995.



Devvin Wellington Mena Tinoco egresado de la carrera de Ingeniería Electrónica mención Telecomunicaciones de la Universidad Politécnica Salesiana en el año 2020. Nacido en Quito – Ecuador el 08 de diciembre del año 1995.

