

Filtro inverso de un sistema de radiocomunicación en HF

Marco Antonio Acevedo-Mosqueda
Victor Ricardo Alanis-Cho
Miguel Sánchez-Meraz

Departamento de Telecomunicaciones,
Sección de Estudios de Posgrado e Investigación,
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco,
Instituto Politécnico Nacional.
Unidad Profesional 'Adolfo López Mateos', Col. Lindavista,
CP 07738, México DF.
MÉXICO.

Correo electrónico (email): macevedo@ipn.mx

Recibido el 13 de octubre de 2009; aceptado el 26 de febrero de 2010.

1. Resumen

En este trabajo se propone un filtro inverso basado en las técnicas de Identificación de Sistemas y Sistema Inverso, para mejorar la calidad de las señales de audio del sistema de radiocomunicaciones de HF de la Secretaría de Turismo. Se realizaron enlaces de HF entre las radiobases de Guadalajara y Hermosillo, transmitiendo un tono de 1 KHz. Las señales de audio transmitida y recibida se graban en archivos con formato WAV en el Centro Masaryk de la Secretaría de Turismo. Con estas grabaciones se propone caracterizar el sistema de radiocomunicación utilizando la deconvolución para la identificación del sistema. Una vez encontrada la respuesta el impulso del sistema identificado se utiliza la técnica del sistema inverso para encontrar la respuesta al impulso inversa. Se utilizan ambas respuesta para realizar el filtrado de la señal recibida con ruido. Se grafican los resultados encontrados y se realiza la correlación entre la señal transmitida y la señal filtrada como medida de desempeño del filtro.

Palabras clave: identificación de sistemas, deconvolución, radiocomunicación en HF, sistema inverso.

2. Abstract (Inverse Filter of an HF Radio Communication System)

In this work we proposes an insverse filtering techniques based on Identification System and Inverse System, to improve the

quality of the audio signals of HF radio communication system of the Secretaria de turismo. We carried out HF links between the base station of Guadalajara and Hermosillo, transmitting a tone of 1 KHz. The audio signals transmitted and received are recorded in WAV format files at the Centro Masaryk the Secretaria de Turismo. With these files we characterizing the radio system using the deconvolution to identify the system. Once found the system impulse response, we use the technique of inverse system for finding the inverse impulse response. Both are used to perform the filtering response of the received signal with noise. The results found are plotted and carried out the cross correlation between the transmitted signal and the filtered signal as a measure of performance of the filter.

Key words: system identification, deconvolution, HF radio communication, inverse system.

3. Introducción

Las comunicaciones de audio se realizaron entre las radiobases de Guadalajara y Hermosillo. La Secretaria de Turismo (Sectur) cuenta con el Centro Integral de Asistencia Telefónica (CIAT) ubicado en Presidente Masaryk 172, Colonia Chapultepec Morales en el Distrito Federal. Desde el CIAT se manejan de manera remota las radiobases ubicadas en Guadalajara y Hermosillo. Además, el CIAT cuenta con la capacidad de grabar todos los enlaces de voz de las radiobases. Por lo que en el mismo sitio se tiene la señal de audio transmitida (señal original) y la señal de audio recibida (señal con ruido). Estas grabaciones están en formato WAV, estéreo, de 8 bits y frecuencia de muestreo de 44100 MHz. Las grabaciones de audio (señal original y señal con ruido) se utilizarán para encontrar la respuesta al impulso de la identificación de sistemas y del sistema inverso. Se propone un sistema discreto para caracterizar al sistema de radiocomunicación que incluye los efectos de la ionosfera, la digitalización de las señales, y toda la electrónica involucrada (amplificadores, filtros, moduladores, etc). Solo se utilizan las señales de banda base de las grabaciones de audio de transmisión y recepción. Como primer paso se realiza el cálculo del enlace punto a punto entre las radiobases de Guadalajara y Hermosillo para encontrar cual es la frecuencia de transmisión que se utilizará en los enlaces. Las pruebas se realizaron los días 15, 16 y 17 de mayo. Se debe recordar que los enlaces en HF se ven afectados dependiendo del mes, de la hora día y las condiciones del clima. Por ello es importante realizar el cálculo de la frecuencia con la que se realizará el enlace para asegurar

que se pueda llevar a cabo y evitar condiciones adversas que puedan contaminar demasiado la señal. Se presenta la metodología para la realización de la prueba, mostrando los componentes por los que pasa la señal de audio. Las grabaciones de audio son entregadas por el personal de la Sectur. Posteriormente se propone la identificación del sistema utilizando las grabaciones proporcionadas. Se utiliza la deconvolución recursiva para encontrar la repuesta al impulso que caracteriza el sistema completo de radiocomunicación utilizado por la Sectur. Una vez encontrada la respuesta al impulso del sistema se procede a calcular la respuesta al impulso del filtro inverso. Con estas dos respuestas al impulso se encuentra la señal reconstruida que se compara con la señal original. Finalmente se realiza la correlación entre estas dos señales como parámetro de desempeño del filtro encontrado.

4. Desarrollo

4.1. Cálculo de enlace punto a punto

Los enlaces en la banda de frecuencias comprendida entre 1.6 MHz y 30 MHz, que ocupan la reflexión en la ionosfera utilizan principalmente las capas E y F_2 , cuyas alturas medias son de 110 y 320 km, respectivamente. El número de reflexiones o saltos que sufre una onda transmitida hasta alcanzar el punto de recepción puede variar durante el día y la noche en función de las estaciones del año y de la actividad solar. La altitud y capacidad de reflexión de la Ionosfera varía tanto en función de la actividad solar y de las estaciones del año, como a lo largo del trayecto y en función de las horas del día. La atenuación introducida por las reflexiones cambia constantemente, dando lugar a variaciones en la longitud del trayecto y en la atenuación por espacio libre. Estas condiciones complican extremadamente el cálculo de este tipo de enlaces vía radio, ya que, para obtener predicciones válidas de las frecuencias a utilizar, se necesitaría hacer un estudio para todas las horas del día, todos los meses del año, y considerando, en cada caso, la correspondiente actividad solar. Para llevar a cabo el enlace punto a punto es necesario obtener los siguientes parámetros:

1) Distancia ortodrómica, la cual es la distancia medida sobre la superficie terrestre entre el transmisor y el receptor.

Para obtener la distancia ortodrómica, se emplea la expresión:

$$D(km) = R_0(km) \times \delta(rad) = 111 \times \delta(^{\circ}) \quad (1)$$

R_0 es el radio de la tierra el cual se considera de 6371 km y D es la distancia ortodrómica entre el transmisor y el receptor, δ es el ángulo formado por el arco del círculo máximo dado por:

$$\delta = \arcsin [\sin I_{Tx} \sin I_{Rx} + \cos I_{Tx} \cos I_{Rx} \cos (W_{Tx} - W_{Rx})] \quad (2)$$

I_{Tx} es la latitud geográfica del transmisor, I_{Rx} es la latitud geográfica del receptor, W_{Tx} es la longitud geográfica del transmisor, W_{Rx} es la longitud geográfica del receptor.

2) Coordenadas geográficas, en este trabajo se utiliza del software *Google Earth*, para obtener las coordenadas geográficas del transmisor y el receptor. De igual manera permite localizar la ubicación del punto medio entre el transmisor y el receptor. En la tabla I se muestran las coordenadas de los sitios.

Con los datos de la tabla 1 se obtiene que la distancia ortodrómica D es igual a 1,207.6573 km, el arco del círculo máximo δ es 0.189553896, y el punto medio del enlace es 603.8286 km.

3) Se emplea el software *Dx Atlas for Amateur Radio*, el cual monitorea en tiempo real la ionosfera. El monitoreo se lleva a cabo en el punto medio entre el receptor y el transmisor, para obtener los siguientes parámetros:

Máxima frecuencia utilizable (MUF): Frecuencia más elevada en que una onda radioeléctrica puede propagarse.

Frecuencia crítica (f_c): Frecuencia de la onda de radio para la cual no se produce ninguna reflexión, considerando una transmisión perpendicular en el punto medio. Todas las ondas de frecuencia superior a ella atravesarán la ionósfera sin cambio de dirección y todas las de frecuencia inferior serán reflejadas hacia la tierra.

Altura virtual (h_p): Es la medida de la perpendicular a la tierra, y se toma desde el punto de transmisión o recepción en los extremos del arco que se forma en la capa refractante como se muestra en la figura 1.

El punto medio entre el transmisor y el receptor, se utiliza para llevar a cabo el monitoreo de algunos parámetros, con el software *Dx Atlas*. En la figura 2 se muestra el punto de monitoreo del enlace Guadalajara-Hermosillo.

Tabla 1. Coordenadas geográficas del transmisor y receptor.

Sitio	Latitud (rad)	Longitud (rad)
Guadalajara	0.3608 N	1.8036 O
Hermosillo	0.5076 N	1.9360 O

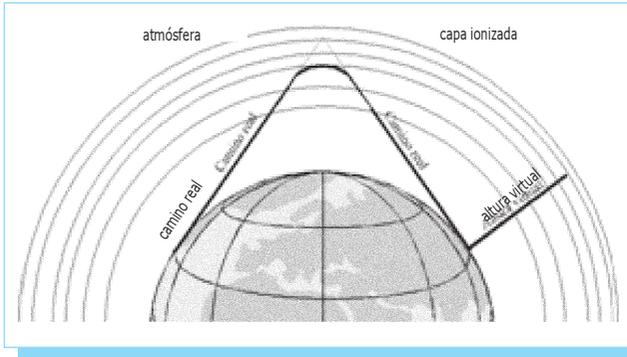


Fig. 1. Altura virtual.

Se llevó a cabo la observación cada 15 minutos de las 10:00 a.m hasta las 18:00 p.m. del día 15 de mayo de 2009, con este monitoreo se observa como varía la altura virtual (h_v) de la ionosfera durante el día, así como también se obtienen la frecuencia crítica (f_c) y la máxima frecuencia utilizable (MUF).

En la tabla 2 se muestran algunos valores de la MUF , f_c y la h_v . Se puede observar que la frecuencia crítica se encuentra alrededor de 7 MHz.

4.2. Metodología para la grabación de audios

De acuerdo a los datos de la tabla 2 y al banco de frecuencias utilizado por la Sectur se propone emplear la frecuencia 7.967 MHz para realizar los enlaces. Se utilizó la infraestructura del Sistema de Radiocomunicación de la Sectur ubicado en Av. Presidente Masaryk 172, Col. Chapultepec Morales, Deleg. Miguel Hidalgo.

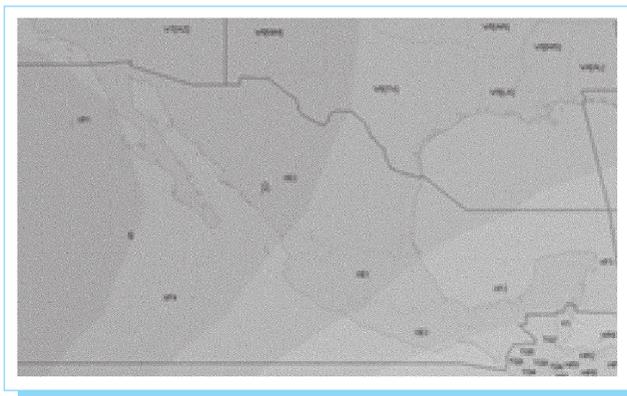


Fig. 4. Punto medio del enlace Guadalajara-Hermosillo. (Badiraguato, Durango).

Tabla 2. Datos obtenidos con el software Dx Atlas.

Hora	MUF (MHz)	f_c (MHz)	h_v (km)
11:15 a.m.	21.01	7.33	315
11:30 a.m.	20.93	7.38	317
11:45 a.m.	20.90	7.43	321
12:00 p.m.	21.00	7.50	323

En la figura 3 se observa que las radiobases de Guadalajara y Hermosillo son controladas remotamente desde la posiciones de despacho del CIAT. Las radiobases se controlan remotamente utilizando el sistema Frequentis VCS 3025. Rel. 3.2 a través de los enlaces dedicados Clear Channel de 256 Kbps. Todas las conversaciones de los operadores son grabadas en la Grabadora Audiolog max pro. De este último dispositivo se obtienen los archivos de audio en formato wav. Como se puede observar los archivos de audio contienen todos los efectos del ruido que se involucran en el proceso (comunicación ionosférica, digitalización de la señal, amplificación, ruido ambiental, etc).

Los enlaces de HF entre las radiobases se realizaron el mismo día 15 de mayo en los horarios indicados en la tabla II. Para cada enlace se siguen los siguientes pasos. Primero, se establece el enlace entre el transmisor con el receptor. Segundo, se transmite un tono de prueba el cual estará definido por los siguientes parámetros: Una señal senoidal con frecuencia de $f=100$ KHz; frecuencia de muestreo de $f_s=44.1$ KHz ($T=1/f_s$) muestras por segundo, el tono tiene una duración de 15 segundos, con amplitud de 6. La expresión (3) representa, el tono empleado en esta prueba.

$$y[n] = \text{sen}(2\pi fnT) \tag{3}$$

Como tercer paso, en cada posición de operador se puede grabar la conversación de la radiobase correspondiente. Para

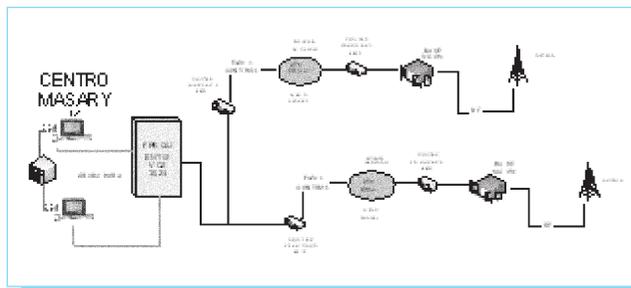


Fig. 3. Esquema del enlace entre Guadalajara-Hermosillo.

el enlace entre Guadalajara y Hermosillo, la transmisión del operador de la radiobase de Guadalajara es grabada en el sitio Masaryk. Esta grabación se considera como la señal de entrada (señal original $x[n]$) a un sistema lineal e invariante en el tiempo. Como cuarto paso, la señal recibida por el operador de la radiobase de Hermosillo, también es grabada en el sitio Masaryk, a esta señal se le considera la señal de salida (señal con ruido $y[n]$) del sistema.

Como último paso, la Sectur proporciona los archivos de audio (del tono transmitido y recibido) en formato WAV de 16 bits, estéreo y con una frecuencia de muestreo de 44 100 muestras por segundo y una codificación PCM.

4.3. Obtención del filtro inverso

En este documento solo se trabaja con la señal de banda base de los archivos de audio. En este trabajo solo se mostrará el análisis del canal izquierdo de la señal de audio, este mismo procedimiento se aplica al canal derecho. No se toma en cuenta la señal de RF de los enlaces de radiocomunicaciones. El objetivo de este trabajo es reconstruir la señal original $x[n]$ utilizando las técnicas de identificación de sistemas y sistema inverso. En la figura 4 se muestra el diagrama a bloques que se utilizará para la reconstrucción de la señal recibida. De la figura $x[n]$ es el canal izquierdo del archivo de audio transmitido por la radiobase de Guadalajara obtenido de la grabadora del sistema, $y[n]$ es el canal izquierdo del archivo de audio recibido por la radiobase de Hermosillo. El canal de comunicación es representado por la respuesta al impulso $h_1[n]$, que es desconocida. La respuesta al impulso $h_2[n]$ será el inverso de $h_1[n]$ para obtener $v[n]$ que es la señal reconstruida.

En este trabajo se considera un caso ideal donde la señal de salida $y[n]$ es igual a la convolución de la señal de entrada $x[n]$ con la respuesta al impulso del sistema $h[n]$, esta operación esta representada en la ecuación (4).

$$y[n] = (x[n] \otimes h[n]) \quad (4)$$

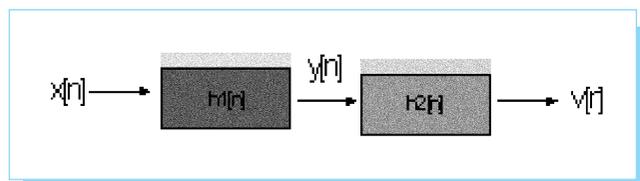


Fig. 4. Diagrama de bloques.

Los sistemas inversos tienen su aplicación en la recuperación de señales transmitidas $x[n]$ en un canal de transmisión imperfecto. La señal recibida $y[n]$ será diferente de la señal transmitida, ya que esta se distorsiona por la respuesta al impulso $h_1[n]$ del canal. Para recuperar la señal original $x[n]$ es necesario que a la señal recibida $y[n]$ se pase a través de un sistema con respuesta al impulso $h_2[n]$, la cual es la inversa de la respuesta al impulso $h_1[n]$. El diagrama (5) muestra el sistema inverso empleado para llevar a cabo la reconstrucción de la señal recibida. La salida $v[n]$ del sistema inverso será idéntica a la entrada del sistema $x[n]$. Se cuenta con el archivo transmitido $x[n]$ y el archivo recibido $y[n]$. Se toman muestras de ambos archivos. Se emplea el sistema de identificación para poder encontrar la respuesta al impulso $h_1[n]$, este sistema emplea la operación de deconvolución para encontrar la respuesta al impulso, esta operación es una división de polinomios. La relación para el cálculo de la respuesta al impulso $h_1[n]$, se muestra en la ecuación (5):

$$h_1[0] = \frac{y[0]}{x[0]} \quad (5)$$

$$h_1[n] = (y[n] - \sum_{k=0}^{n-1} h_1[k] x[n-k]) / y[0]$$

La deconvolución proporciona la respuesta al impulso $h_1[n]$, además al ser una división de polinomios se deben obtener los residuos de la división. La señal recibida en función de los resultados de la deconvolución se expresa en la ecuación (6):

$$y[n] = (x[n] \otimes h_1[n]) + r \quad (6)$$

Donde r son los residuos. La ecuación (7) se emplea para hacer el cálculo de los residuos:

$$r = y - (x \otimes h_1) \quad (7)$$

De acuerdo a la ecuación (6) se tiene:

$$y[n] - r = (x[n] \otimes h_2[n]) \quad (8)$$

Tomando a la expresión (8) el sistema inverso tomaría la forma del diagrama 7.

En la figura 5 se muestra el sistema de reconstrucción de la señal de entrada $x[n]$, la respuesta al impulso $h_1[n]$ de la identificación del sistema y la señal recibida menos los residuos $y[n] - r$. Con estos datos se procede a encontrar la respuesta $h_2[n]$ utilizando la técnica de sistema inverso para calcular $v[n]$.

Es necesario obtener la respuesta al impulso $h_2[n]$, esta respuesta es la inversa de la respuesta al impulso $h_1[n]$, y deben cumplir la siguiente condición (9):

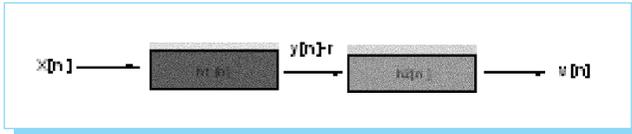


Fig. 5. Sistema inverso modificado.

$$H_1(z) H_2(z) = 1 \tag{9}$$

Donde $H_1(z)$ y $H_2(z)$ son las transformadas z de $h_1[n]$ y $h_2[n]$, respectivamente. De la ecuación (9), se obtiene la función de transferencia del sistema inverso de $H_2(z)$ como:

$$H_2(z) = \frac{1}{H_1(z)} \tag{10}$$

Donde la función de transferencia $H_1(z)$ se expresa (11):

$$H_1(z) = \frac{P(z)}{D(z)} \tag{11}$$

Sustituyendo la ecuación (11) en la ecuación (10), el resultado se expresa en la ecuación (12):

$$H_2(z) = \frac{D(z)}{P(z)} \tag{12}$$

Después de haber calculado $H_2(z)$ se emplea la transformada inversa de Fourier para así obtener la respuesta al impulso $h_2[n]$.

La señal de salida del sistema inverso $v[n]$, es igual a:

$$v[n] = ((y[n] - r) \otimes h_2[n]) \tag{13}$$

4.4. Análisis de resultados

En la figura 6, se muestra la señal transmitida $x[n]$ en rojo y la señal recibida $y[n]$ en azul, estas señales corresponden al primer enlace de radiocomunicación realizado el día 15 de mayo. Se grafica únicamente el canal izquierdo de los archivos de audio. En ambos se puede notar que las amplitudes tienen valores menores a 1, que son característicos de los archivos WAV. En la figura 6, se observa que ambas señales difieren en amplitud, esto es debido a que la señal al momento de ser transmitida se atenúa debido a las características del medio por el cual es transmitida. Las dos señales tienen la forma de una señal senoidal, existiendo un desfase en la muestra número 23.

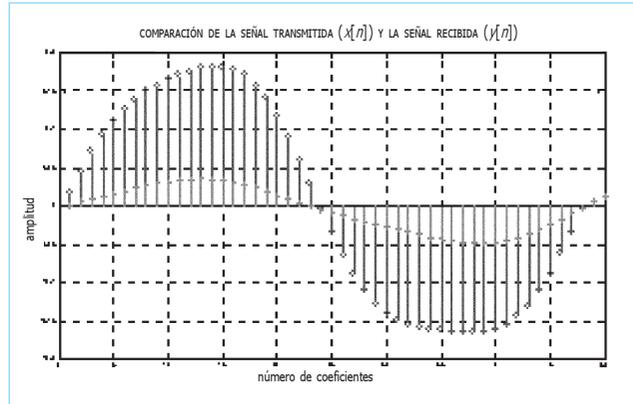


Fig. 6. Comparación entra la señal transmitida y recibida.

Se propone utilizar 48 muestras para la señal $x[n]$, y para la señal recibida $y[n]$ se emplean 50 coeficientes. De la misma manera en la figura 7 se presentan la comparación de la señal transmitida $x[n]$ (azul) y la señal recibida $y[n]$ (rojo), obtenidas al llevar a cabo el séptimo enlace el día 15 de mayo.

En la figura 7, se aprecia que la señal transmitida $x[n]$ está distorsionada debido al procesamiento que sufre en el sitio Masaryk para su posterior transmisión en la radiobase remota. Esta señal es muy diferente a la mostrada en la figura 6. De la misma manera se llevo la comparación entre las señales transmitidas $x[n]$ y recibidas $y[n]$, para los enlaces restantes. Con estos archivos se utilizará el sistema de identificación, nos sirvió para obtener la respuesta al impulso $h_1[n]$. Posteriormente, se obtiene $H_1[e - j\omega]$ que es la respuesta en frecuencia, de las respuestas al impulso encontradas. En la

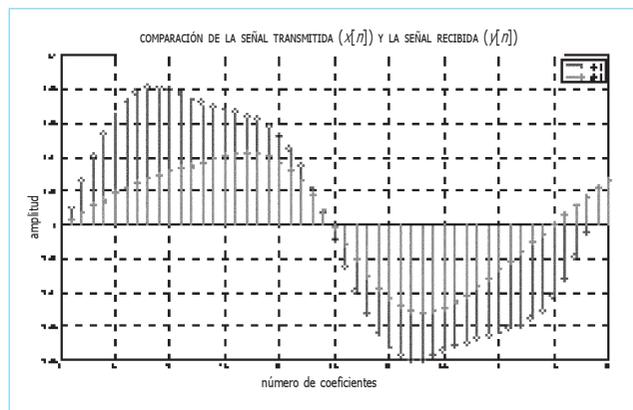


Fig. 7. Comparación entra la señal transmitida y recibida.

Tabla 3. Tipos de filtro encontrados.

Enlace	Magnitudes de las respuestas en frecuencia
1	Filtro pasa bajas
2	Filtro pasa altas
3	Filtro pasa altas
4	Filtro pasa todo
5	Filtro pasa altas
6	Filtro pasa todo
7	Filtro pasa bajas
8	Filtro pasa todo
9	Filtro pasa altas

tabla 3 se presenta la respuesta en magnitud $|H_1[e-j\omega]|$ (tipos de filtros) para los diferentes enlaces realizados.

Utilizando la ecuación 12, y tomando a $D(z) = 1$ y $P(z) = H_1[e-j\omega]$, se encuentra la respuesta en frecuencia del filtro inverso $H_2[e-j\omega]$. Y utilizando de la transformada inversa de Fourier se obtiene la respuesta al impulso $h_2[n]$. Esta respuesta al impulso es el sistema inverso. Se utiliza la ecuación 13, para llevar a cabo la reconstrucción de la señal $v[n]$, se debe recordar que a la entrada se tiene $y[n] - r[n]$. En la tabla 4 se presenta la respuesta en magnitud $|H_2[e-j\omega]|$ (tipos de filtros) del sistema inverso para los diferentes enlaces realizados.

En la figura 8, se hace la comparación entre las señales $x[n]$ en azul y $v[n]$ en rojo para el séptimo enlace. Se puede observar que las amplitudes de las muestras son casi iguales.

Este procedimiento se realizó para los 9 enlaces realizados. Para comprobar que la señal de salida del sistema inverso $v[n]$ y la

Tabla 4. Las respuestas en frecuencia inversa.

Enlace	Magnitudes de las respuestas en frecuencia
1	Filtro supresor de banda
2	Filtro supresor de banda
3	Filtro pasa bajas
4	Filtro pasa bajas
5	Filtro pasa bajas
6	Filtro pasa bajas
7	Filtro supresor de banda
8	Filtro supresor de banda
9	Filtro pasa bajas

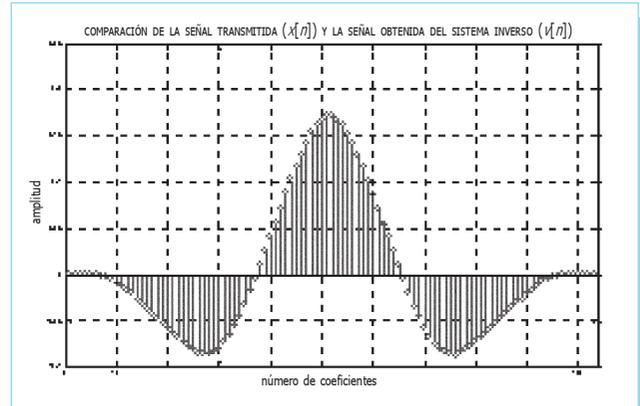


Fig. 8. Correlación cruzada de dos señales.

señal de entrada $x[n]$ son semejantes, se empleo la correlación cruzada normalizada, la cual es una medida de la similitud entre dos señales. La correlación cruzada normalizada se obtiene utilizando, la ecuación (10):

$$\rho_{xy}[l] = \frac{r_{xy}[l]}{\sqrt{r_{xx}[0] r_{yy}[0]}} \quad |\rho_{xy}[l]| < 1 \quad (14)$$

Donde $r_{xy}[l]$ es la correlación cruzada entre las señales $x[n]$ y $y[n]$, $r_{xx}[0]$ es la energía de la señal de $x[n]$, $r_{yy}[0]$ es la energía de la señal de $y[n]$. Para el cálculo de la correlación cruzada se emplea:

$$r_{xy}[l] = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] y[n-l], \quad l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots \quad (15)$$

El parámetro l indica el desplazamiento entre las señales. En la figura 9, se muestra la gráfica obtenida de la correlación cruzada normalizada, obtenida para el primer enlace.

En la figura 9 se puede observar que el valor de la correlación cruzada se aproxima al valor de 1, indicando la similitud existente entre la señal transmitida $x[n]$ y la señal obtenida a la salida del sistema inverso $v[n]$. En la tabla 5 se presentan los valores del índice de correlación que se obtuvieron para los nueve enlaces.

Se observa en la tabla 5, que los índices de correlación se aproximan al valor de 1. Se puede observar que las señales $x[n]$ y las señales obtenidas a la salida del sistema inverso $v[n]$ son parecidas es mas de un 99%. Este procedimiento se puede aplicar tanto a los archivos de audio que contienen un tono, como a los archivos que contienen las conversaciones cotidianas de los Ángeles Verdes.

5. Conclusiones

Como primer punto se debe mencionar que se pueden utilizar solo las señales de banda base (grabaciones de audio) para encontrar un filtro inverso. Esta propuesta como se mencionó contempla todos los efectos que están involucrados en el manejo de las señales de audio del Sistema de Radiocomunicación de la Corporación de Ángeles Verdes. El único requisito para utilizar esta propuesta es verificar que los enlaces se realicen con la frecuencia adecuada, considerando los parámetros involucrados en el cálculo de enlace punto a punto. Una vez que se establecen estos parámetros y se asegura que el enlace de radio se establecerá, se pueden utilizar los archivos de audio para la obtención del filtro inverso.

En base a los resultados obtenidos se puede concluir que no es necesario conocer el tipo filtro que caracteriza al canal de transmisión, así como tampoco se requiere establecer el tipo de filtro del sistema inverso. El filtro inverso encontrado se

adapta al comportamiento del canal de transmisión. Finalmente los valores de la correlación cruzada normalizada indican que la señal de entrada del sistema inverso $x[n]$ y la señal de salida del sistema inverso $v[n]$ son casi iguales, por lo que la reconstrucción de la señal se ha llevado a cabo de una forma correcta.

6. Referencias

- [1] Ashok Ambardar. *Procesamiento de señales analógicas y digitales*. 2a ed. Thomson Learning. México, 2002.
- [2] Bob Meddins. *Introduction to digital signal process*. 5ª ed. Newnes. Inglaterra, 2000.
- [3] John G. Proakis. *Digital Signal Processing using MATLAB*. 6ª ed. Thomson Learning. Canadá, 2000.
- [4] *Memoria técnica radio centro de despacho*. Secretaría de Turismo (SECTUR).
- [5] John G. Proakis. *Tratamiento digital de señales*. 5ª ed. Pearson Prentice Hall. México, 2004.

Latindex

Sistema Regional de Información en Línea
para Revistas Científicas de América Latina,
el Caribe, España y Portugal.

www.latindex.org

www.dgbiblio.unam.mx