

Ecualización de señales en un enlace digital de comunicaciones

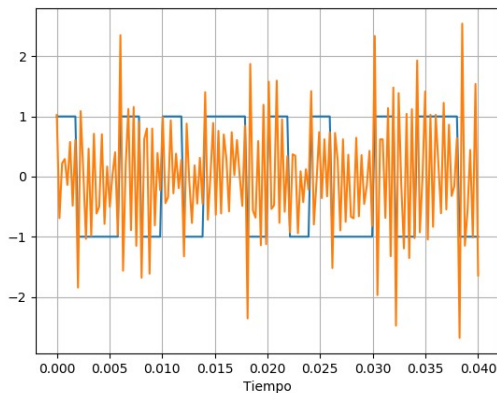
Rocío Parra
Lucero Guadalupe Fernandez
Instituto Tecnológico de Buenos Aires

Resumen—

hacer abstract ekis de

I. INTRODUCCIÓN

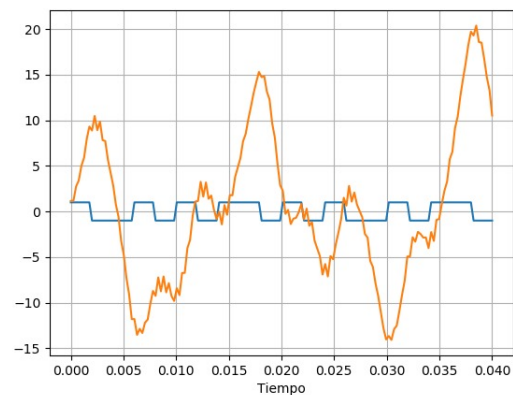
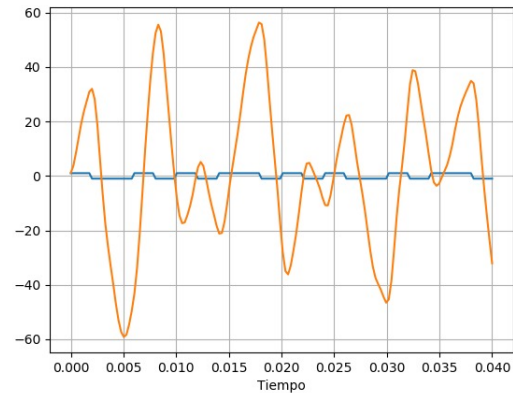
Se buscó ecualizar una señal en un enlace digital de comunicaciones. Los datos consistían en una secuencia de datos pseudoaleatoria codificada por Manchester, muestreada a una frecuencia de muestreo de 4 kHz a razón de 250 bps. Ante estas características, cada bit consiste de 16 muestras según la codificación mencionada. El canal, en este caso, conocido, modificaba la señal dependiendo del posicionamiento aleatorio de dos pares de polos conjugados. La principal dificultad consistía entonces en la variabilidad del canal. En las siguientes figuras se puede notar el efecto de lo mencionado, siendo la señal en azul los bits enviados y en naranja lo recibido.



El proyecto consiste en aplicar un algoritmo de filtrado adaptativo para recuperar la señal transmitida asumiendo que no se conoce la entrada, lo que simularía enlace digital de comunicaciones, un esquema de lo mencionado se puede ver en la siguiente figura.

II. ECUALIZACIÓN ADAPTATIVA POR INVERSIÓN DE SISTEMAS

El objetivo del proyecto es invertir los efectos del canal -el sistema desconocido- mediante el esquema de filtrado adaptativo conocido como inversión de sistemas. El diagrama se muestra a continuación:



En principio se asume que el ruido del canal es incorrelacionado con $s(n)$.

cambiar nombres al esquema y al texto

El filtrado funciona de la siguiente manera, se tiene la señal de entrada $s(n)$, que se transmite por el sistema desconocido -el canal ya mencionado-, cuya salida es la señal $x(n) = u(n)$, que es la entrada al filtro adaptativo, de donde se obtiene $\hat{y}(n)$. Realimentando la señal de error $e(n)$ al filtro adaptativo se maximiza la correlación entre la salida del filtro y la señal deseada $y(n) = d(n)$. Opcionalmente, a su vez, se puede colocar un delay, retrasando la señal al obtener $d(n)$ para compensar el delay propio del sistema.

Con ésto se consigue una salida con una respuesta en frecuen-

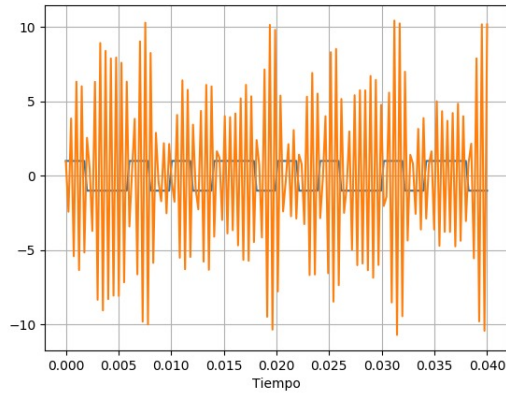


Figura 1. Señales obtenidas en el receptor, al pasar por del canal.

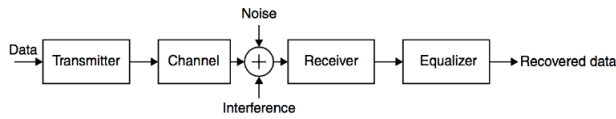


Figura 2. Esquema del enlace digital.

cia inversa al sistema desconocido, lo que anula su efecto. Sin embargo, en un enlace digital el receptor no conoce la respuesta deseada, por lo que este esquema no es de utilidad. La solución consiste en utilizar una secuencia de entrenamiento, una respuesta deseada $d(n)$ preacordada entre emisor y receptor. El diagrama de bloques completo se observa en la figura siguiente: Luego del período de entrenamiento inicial los coeficientes del ecualizador pueden ser continuamente ajustados con un decision-directed feedback. De esta manera, la señal de error $e(n) = d(n) - y(n)$ se deriva del último (no necesariamente correcto) bit estimado de la secuencia transmitida $u(n)$.

En este caso, como la señal se encontraba codificada en formato Manchester, la decisión del bit recibido no consistía en un simple comparador, sino que se utilizó la regla de decisión bayesiana [1]. Partiendo de la regla:

$$y^T \cdot (s_1 - s_0) \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \sigma^2 \cdot \ln \left(\frac{P(H_0)}{P(H_1)} \right) + \frac{1}{2} (s_1^T s_1 - s_0^T s_0) \quad (1)$$

donde y es un vector con 16 mediciones, s_1 contiene las 16 muestras que forman un bit de 1 (es decir, 8 veces el valor -1 seguido de 8 veces el valor 1), y s_0 , las que forman un 0. Como $s_0 = -s_1$, y ambos símbolos son equiprobables (lo cual asumimos porque no conocemos a priori las características del mensaje que se mandará), la expresión se ve simplificada en:

$$y^T \cdot s_1 \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} 0 \quad (2)$$

Considerando las características de la codificación Manchester, la regla de decisión resulta ser:

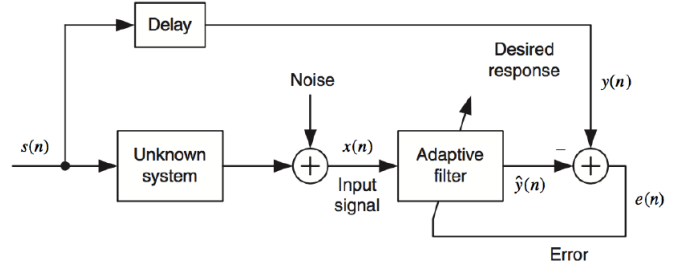


Figura 3. Inversión de sistemas.

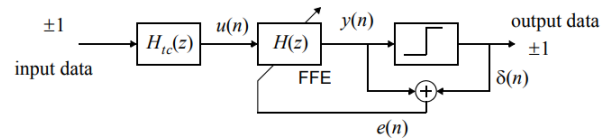


Figura 4. Diagrama de bloques con decision-directed feedback.

$$\sum_{i=0}^7 y_i \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \sum_{i=8}^{15} y_i \quad (3)$$

III. FILTRO ADAPTATIVO

Al momento de elegir el algoritmo que se implementó para el filtro, se analizaron varias alternativas, entre ellas LMS, NLMS, VS-LMS y Sign LMS. En primer lugar, los algoritmos Sign LMS, entre ellos, sign-error, sign-data y sign-sign fueron descartados ya que el baud rate de la señal era de 250bps, cabe recordar que esta variante de LMS es de utilidad para ecualizar canales de comunicación digital de alta velocidad. En segundo lugar y luego de analizar los resultados obtenidos y las conclusiones propuestas por Bismor [2], se decidió no implementar VS-LMS. En las palabras de los autores: "no hay algoritmo VS-LMS que sea tan versátil, fácil de implementar y adecuado para aplicaciones en tiempo real como el NLMS". Esta observación, si bien descarta la implementación de VS-LMS, plantea un último debate respecto a si corresponde utilizar LMS o NLMS. Se consideró entonces, analizar el parámetro de paso que se utilizaría para LMS. Se recuerda que el paso para que converja LMS está dado por

$$0 < \mu < \frac{2}{\lambda_{\max}} \quad (4)$$

en donde λ_{\max} es el autovalor más grande de R , la matriz de autocorrelación de $u(n)$. En la medida en que el μ elegido se acerque al valor máximo, la velocidad de convergencia aumenta, pero así también el desajuste \mathcal{M} . Por el contrario, al disminuir el paso, la convergencia se ralentiza, y disminuye el desajuste. Se trata de una relación de compromiso entre la velocidad de convergencia y el desajuste. Se realizaron 5000 simulaciones y se calculó el λ_{\max} para cada una de ellas.

III-A. NLMS

REFERENCIAS

- [1] K. Sam Shanmugan, Arthur M. Breipohl. *Random Signals: Detection, Estimation and Data Analysis*. Wiley, May 1988.
- [2] D. Bismor, K. Czyz and Z. Ogonowski. Review and Comparison of Variable Step-Size LMS Algorithms". *International Journal of Acoustics and Vibration* vol. 21, no. 1, pp. 24-39, 2016.
- [3] S. Qureshi. "Adaptive Equalization". *IEEE Communications Magazine*, vol. 20, no. 2, pp. 9-16, March 1982.
- [4] S. Qureshi. "Adaptive Equalization". *Proceedings of the IEEE*, vol. 73, no. 9, pp. 1349-1387, 1985.