

IMPLEMENTACIÓN DE UN REVERBERADOR DIGITAL DE SCHROEDER

Federico Feldsberg¹

¹Universidad Nacional de Tres De Febrero, Buenos Aires, Argentina
fedefelds@hotmail.com

Resumen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

1. MARCO TEÓRICO

En los años 60, Schroeder y Logan propusieron un arreglo capaz de generar la respuesta “Natural” de una sala reverberante [1, 2]. El término “natural” implica una falta de coloración espectral y una alta concentración de ecos por segundo. Schroeder y Logan señalan que los métodos de reverberación disponibles en su momento carecían de dicha “naturalidad”.

Este desarrollo resultó ser sumamente valioso debido a que el mismo fue capaz de suplir ambas falencias de las técnicas de reverberación disponibles en su momento.

En una primer aproximación, Schroeder y Logan proponen una línea de retardo realimentada, ilustrada en la figura 1:

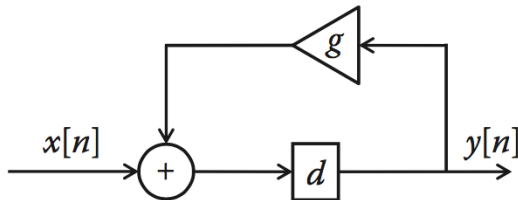


Figura 1: Línea de retardo realimentada [3].

La respuesta al impulso de dicho sistema está dada por:

$$h(t) = \sum_{n=0}^{\infty} g^n \delta(t - n \tau) \quad \text{con} \quad |g| < 1 \quad (1)$$

En el dominio temporal, la ecuación 1 se asemeja a una cantidad infinita de impulsos, desplazados y escalados por un factor que decrece exponencialmente. Es por eso que parece ser un resultado valioso. Sin embargo, en el dominio de la frecuencia, este primer sistema posee un alto grado de coloración. Esto se debe a que el mismo se asemeja a un filtro peine y es por ello que dicho sistema no es un candidato de reverberador “natural”.

El gran avance de Schroeder y Logan consiste en haber descubierto que al hacer ciertas modificaciones al sistema presentado en la figura 1, es posible lograr una respuesta plana y por lo tanto carente de coloración. Para lograr dicha respuesta en frecuencia, se combinan la señal sin procesar y la señal procesada mediante cierto criterio establecido por Schroeder y Logan.

Con estas modificaciones, se obtiene el sistema ilustrado en la figura 2:

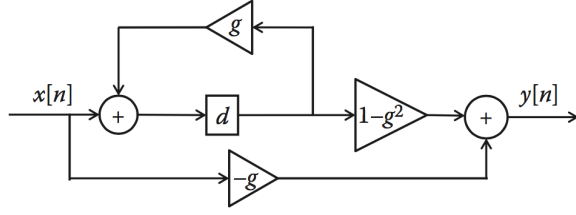


Figura 2: Unidad básica de reverberación [3].

La respuesta en frecuencia de dicho sistema resulta ser plana, pero en si misma no es capaz de generar una gran densidad de eco. Schroeder y Logan recomiendan un valor mínimo de 1000 ecos por segundo. Podemos decir que el sistema presentado en la figura 2 constituye una unidad básica de reverberación, cuya respuesta en frecuencia es plana.

De ahora en adelante, nos referiremos a toda unidad básica de reverberación como filtro pasa-todo.

Para solucionar la escasa densidad de ecos, Schroeder y Logan proponen el siguiente arreglo:

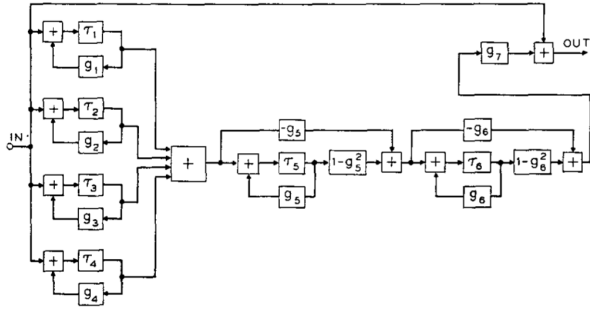


Figura 3: Diagrama en bloques del sistema [2]. HAY QUE CAMBIAR ESTA FIGURAAA

El mismo esta compuesto por tres secciones: La primer sección consta de un banco de filtros peine en paralelo, tales como los de la figura 1, por el cual ingresa la señal a procesar. Todos los elementos del sistema pueden ser caracterizados en función de su ganancia de realimentación g_i y su retardo τ_i con $1 \leq i \leq 4$. Los valores de dichos parametros estan dados por:

$$T = \frac{3 \tau_i}{-\log |g_i|} \quad (2)$$

y

$$\tau_i \text{ Entre 30 y 45 mseg} \quad (3)$$

Donde T es el tiempo de reverberación. Esta primer sección no tiene una respuesta en frecuencia plana, sino que al ser una conexión en paralelo de varios filtros peine, es esperable que sea bastante irregular [4, pág. 446]. Este desvío de la respuesta plana esta justificado por experimentos desarrollados en los

laboratorios de Bell. Estos experimentos indicarían que el oído humano no es capaz de distinguir entre una sala con respuesta plana y una sala con una gran cantidad de irregularidades en su respuesta en frecuencia.

La segunda sección consta de dos de filtros pasa-todo conectados en serie cuyos valores de τ_i oscilan entre 5 y 1.7 mseg. A su vez, se sugiere que g_5 y g_6 sean iguales a 0,7.

La tercera y última sección consiste de una etapa de ganancia g_7 la cual permite determinar la mezcla entre señal reverberada y no reverberada.

2. IMPLEMENTACIÓN

Para la implementación se recurrió al entorno de programación Python, el cual permite una rápida implementación de filtros FIR e IIR mediante el método *lfilter*, disponible en la libreria *Scipy*.

Dado un sistema S cuya función de transferencia sea de la forma:

$$H_S(z) = \frac{\sum_{i=0}^D a_i z^{-i}}{\sum_{i=0}^D b_i z^{-i}} \quad (4)$$

Dicho sistema puede ser implementado al especificar los coeficientes a_i y b_i .

Por lo tanto, se implementaron los filtros peine y los filtros pasa-todo mediante dos funciones diferentes. La primer función recibe como argumentos de entrada la cantidad de retardo, la ganancia de realimentación y la señal a filtrar. El mismo script devuelve la señal filtrada por el filtro correspondiente.

En primer lugar, se siguieron las sugerencias de Reiss [3, pág. 259]. El diagrama en bloques de la implementación presentada es muy similar al de la figura 3:

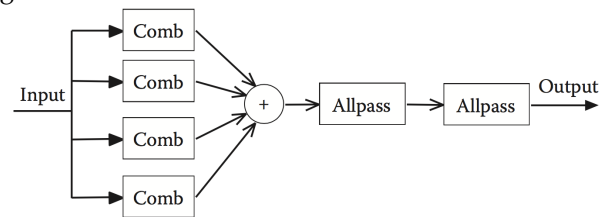


Figura 4: Implementación presentada en [3]

La única diferencia entre los diagramas de las figuras 4 y 3 es que este último no contempla la tercer etapa, cuyo fin es permitir mezclar la señal reverberada y la señal no reverberada.

En el dominio z , un filtro pasa-todo como el de la figura 2 esta dado por

$$AP_d^g = \frac{z^{-d} - g}{1 - g z^{-d}} \quad (5)$$

mientras que un filtro peine como el de la figura 1 esta dado por:

$$FBCF_d^g = \frac{z^{-d}}{1 - g z^{-d}} \quad (6)$$

Se puede ver que las ecuaciones (6) y (5) estan expresadas en función de la ganancia de realimentación g y cantidad de muestras d . Por otro lado, al hablar de retardos Schroeder siempre habla en terminos de milisegundos. Es por eso que al trabajar en el dominio digital, se debe convertir segundos a muestras mediante la siguiente ecuación:

$$d_i = \tau_i \cdot F_s \quad (7)$$

Donde el numero de muestras equivalentes a un retardo de τ_i segundos es función de la frecuencia de muestreo F_s

Cabe destacar que la ecuación 6 no es la única implementación posible de un filtro peine: En [5], Smith propone la siguiente función de transferencia:

$$FBCF_d^g = \frac{1}{1 - g z^{-d}} \quad (8)$$

En el caso de la implementación del filtro pasatodo la Tanto Reiss como Smith proponen la misma función de transferencia, dada por la ecuación (5).

3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4. REFERENCIAS

- [1] Manfred R Schroeder y Benjamin F Logan. "Colorless artificial reverberation". En: *IRE Transactions on Audio* 9.6 (1961), págs. 209-214.
- [2] Manfred R Schroeder. "Natural sounding artificial reverberation". En: *Audio Engineering Society Convention 13*. Audio Engineering Society. 1961.
- [3] Joshua D. Reiss y Andrew McPherson. *Audio Effects*. Taylor & Francis Inc, 7 de nov. de 2014. 367 págs. ISBN: 9781466560284.
- [4] B.P. Lathi y Roger A. Green. *Essentials of Digital Signal Processing*. Cambridge University Press. ISBN: 9781107059320.
- [5] Julius O. Smith III. *Physical Audio Signal Processing*. online book, 2010 edition. https://ccrma.stanford.edu/~jos/pasp/Schroeder_Reverberators.html, revisado el 13 de julio de 2017.