

# Laboratorio 3

## Procesamiento Digital de Señales

18 de octubre de 2022

Hernán Darío Benítez Restrepo

Pontificia Universidad Javeriana-Cali, Departamento de Electrónica y Ciencias de la Computación

### Temas

Filtros con Respuesta Impulsional Finita FIR - Filtros con Respuesta Impulsional Infinita IIR

## 1. Objetivos

1. Diseñar filtros digitales FIR utilizando las técnicas de Ventanas y aproximación de Chevyshev.
2. Diseñar filtros digitales IIR utilizando las técnicas de transformación bilineal.

## 2. Introducción

Los filtros digitales se utilizan ampliamente en el tratamiento digital de señales provenientes de diversas aplicaciones, que incluyen tratamiento y transmisión de señales de voz, datos y vídeo entre otras. Los filtros LTI (Lineales e invariantes en el tiempo) son los que se utilizan frecuentemente debido a la simplicidad en el análisis, diseño e implementación. Un filtro digital LTI puede identificarse de forma única en el dominio tiempo/espacio por su respuesta impulsional  $h(n)$ , (donde,  $n$  es un índice entero que se utiliza como variable independiente). De forma alterna, los filtros digitales pueden caracterizarse de forma única en el dominio frecuencial por su respuesta en frecuencia  $H(\omega)$  (donde,  $\omega$  es la variable de frecuencia de valor real en radianes). Los filtros digitales LTI son de dos tipos: Filtros FIR (Finite-duration Impulse Response, para los cuales la respuesta impulsional  $h(n)$  es diferente de cero para un número finito de muestras; y filtros IIR (Infinite-duration Impulse Response) cuya respuesta impulsional presenta un número infinito de muestras diferentes de cero. En el caso FIR las muestras de la secuencia  $h(n)$  corresponden directamente a los coeficientes de los filtros; para el caso IIR, los parámetros encontrados corresponden a los coeficientes de una ecuación de diferencia que incluye términos de retroalimentación. El diseño de filtros digitales se realiza típicamente en tres pasos:

1. Convertir las restricciones de diseño deseadas en especificaciones precisas sobre las respuestas de magnitud y fase deseadas, tipo de filtro (FIR o IIR), orden del filtro, error tolerable o criterio de error.
2. Encontrar un filtro FIR o IIR que se aproxime a las especificaciones de diseño del paso anterior, tal que la respuesta en frecuencia del filtro obtenido se ajuste mejor a esas especificaciones de diseño de acuerdo con un criterio de error matemático.
3. Realizar el filtro usando la tecnología digital más adecuada para la aplicación bajo consideración.

El paso 1 es altamente dependiente de la aplicación y de los detalles suministrados por el usuario. El paso 2 se realiza utilizando métodos de aproximación y optimización matemáticos. El paso 3 depende de la tecnología hardware y software utilizada para construir el filtro.

En este laboratorio se propone el filtrado de señales a través del diseño, implementación y prueba de filtros digitales FIR e IIR [1] y se evalúan los resultados del programa 3 y 6 según ABET:

- 3 La habilidad para comunicar efectivamente en un rango amplio de audiencias.
- 6 La habilidad para desarrollar y conducir experimentación apropiada, analizar e interpretar datos y usar el juicio basado en ingeniería para extraer conclusiones.

### 3. Procedimiento

#### 3.1. Creación de scripts en Python

Descargue el archivo *ScriptLab3PDS2022estudiantes.py* desde la carpeta *Datos para laboratorios y códigos en Matlab y Python* del sitio del curso Aula Digital. Este código servirá como referencia para programar las rutinas del laboratorio y es uno de los archivos que se deben entregar para evaluación.

#### 3.2. Señal de prueba

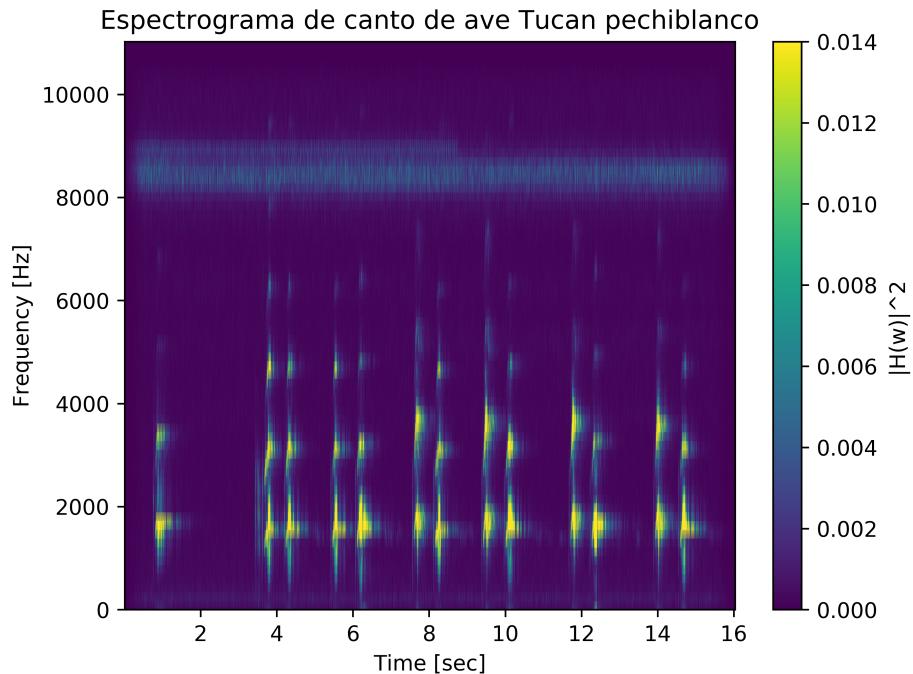
Los muestreos de avifauna basados en señales sonoras son procesos que proveen valiosa información valiosa para la ciencia y las acciones de conservación ambiental. En Colombia, el Instituto Alexander von Humboldt (IAvH) realiza proyectos sobre monitoreo acústico que generan cientos de horas de grabación en los ecosistemas de páramo y bosque altoandino. Debido a este gran volumen de información, uno de los grandes retos es automatizar el análisis de estas grabaciones para reconocer especies [2]. Uno de los procedimientos más comunes para lograr este objetivo es remover el ruido provocado por los insectos en las grabaciones de vocalizaciones de aves en los registros sonoros del IAvH. Por ejemplo, en la Figura 1 se observa el espectrograma de vocalizaciones del ave Tucán pechiblanco (*Ramphastos tucanus*) (presione aquí para escuchar y descargar la grabación). El objetivo es analizar esta señal para remover varios componentes frecuenciales a través de filtros FIR e IIR.

#### 3.3. Filtros FIR

##### 3.3.1. Método de ventanas y Aproximación de Chevyshev (40 %)-Objetivo ABET 6

1. Usando los siguientes métodos de diseño de filtros FIR vistos en clase:
  - Diseño por ventanas
  - Aproximación de Chevyshev
2. Filtre las señal de prueba del canto de ave de tal manera que se elimine el ruido provocado por los insectos y los componentes frecuenciales del canto del ave menores a 2 KHz.
3. **Nota Importante:** Para el diseño de filtros FIR por ventanas no se puede emplear la rutina **firwin** ni **firwin2** del paquete *scipy.signal* y se debe usar una ventana diferente a la rectangular. Se debe mostrar el proceso seguido para obtener  $h(n)$ . Por otra parte, para el diseño de filtros por aproximación de Chevyshev puede emplear la rutina **remez** de *scipy.signal* .
4. Para cada caso grafique la respuesta impulsional y la fase del filtro, así como los espectrogramas de la señal antes y después de ser filtrada. Rotule los ejes de todas las gráficas. **LAS UNIDADES DEL EJE DE FRECUENCIAS DEBEN SER ESPECIFICADAS EN HERZT.**

Figura 1: Espectrograma de vocalizaciones del ave Tucán pechiblanco (*Ramphastos tucanus*)



5. Consigne en una tabla los valores de las frecuencias de corte y las atenuaciones en dB en estas frecuencias de corte de cada filtro implementado. Compare los resultados de filtrado de cada método en cada una de las señales en términos de si las especificaciones del filtro impuestas por el diseñador son o no cumplidas. ¿Cuál método es más efectivo para remover el ruido provocado por los insectos?. Justifique su respuesta.

### 3.4. Filtros IIR (40 %)-Objetivo ABET 6

- Use el método de transformación bilineal para filtrar la señal de la sección 3.2 y remover los mismos componentes frecuenciales de la sección 3.3.
- Para cada caso grafique la respuesta impulsional y la fase del filtro, así como los espectrogramas de la señal antes y después de ser filtrada. Rotule los ejes de todas las gráficas. **LAS UNIDADES DEL EJE DE FRECUENCIAS DEBEN SER ESPECIFICADAS EN HERZT.**
- Compare y analice mediante una tabla (comparando las frecuencias de corte y atenuaciones) el desempeño de los filtros FIR con respecto a los filtros IIR. Determine qué ventajas y desventajas presenta cada uno de ellos para el filtrado de la señal de prueba propuesta.
- Grabe las señales de audio filtradas por cada método de filtrado con el fin de presentarlas en la sustentación ante el profesor.

## 4. Informe

1. Presente un informe impreso claro y ordenado en donde se consigne el procedimiento, los programas, las demostraciones, las figuras, las respuestas, las justificaciones y los resultados obtenidos. Igualmente incluya conclusiones, observaciones, y la literatura consultada. El informe debe seguir la numeración de la guía y no debe superar 8 páginas.
2. El objetivo ABET 3 es el 20 % de la nota y se calificará de acuerdo a la rúbrica adjunta a esta guía.

3. Tenga en cuenta las siguientes recomendaciones generales para el informe:
  - Rotule con el nombre de la variable y las unidades todos los ejes de las gráficas
  - Cuando inserte una tabla o una figura asegúrese de analizarla y hacer referencia a ella en el texto.
  - Realice una revisión ortográfica y gramatical del reporte antes de entregarlo. Las faltas ortográficas, la mala redacción y los errores gramaticales se toman en cuenta para la calificación del reporte.
  - Las conclusiones deben ser concretas, específicas y estar soportadas por análisis y resultados presentados en el reporte.
4. Este laboratorio se debe desarrollar en parejas y el informe se debe escribir siguiendo el formato de DOS COLUMNAS de la IEEE para conferencias IEEE Manuscript template for conference proceedings. Habrá un disminución del 50 % de la nota en el objetivo 3 si no se sigue el formato exigido. El uso del formato IEEE en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X es recomendado.
5. **En una sección después de las conclusiones se debe escribir los temas que cada integrante del grupo trabajó. Durante la sustentación cada integrante debe poder responder por todos los temas abordados en el laboratorio.**
6. **Los informes de laboratorio deben ser entregados durante los primeros 5 minutos de la hora del laboratorio, después de este plazo se calificará el reporte sobre 3.0. No se reciben informes después de finalizada la clase.**
7. Comprima el script *ScriptLab3PDS2022estudiantes1.py*, las señales de audio que resultan de cada método de filtrado y el informe en pdf en un solo archivo. Nombre este archivo usando los apellidos de los integrantes (ej. EscobarVargasLab3PDS.zip). Cargue este archivo comprimido en el Aula Digital. El profesor ejecutará el script para cada uno de los puntos de prueba y verificará que su funcionamiento corresponda con los resultados reportados en el informe. **Las rutinas deben ser cargadas al sistema antes de las 9:00 A.M del día de entrega. Si este requisito no se cumple o si la rutina no se ejecuta adecuadamente la calificación del punto correspondiente tendrá como calificación máxima 3.0.**

#### **Fecha de entrega y envío de rutinas**

- El día **jueves 10 de noviembre a las 7:00 A.M** habrá una sesión dirigida para resolver dudas con respecto a los puntos del informe.
- Se debe cargar y sustentar el informe en pdf y los archivos de código en el Aula Digital el día **jueves 17 de noviembre antes de las 9:00 A.M.**

Nota:

- a) Para facilitar la sustentación ante el profesor, realice scripts donde se definan los datos y se invoquen las funciones desarrolladas.
- b) La omisión de alguno de los ítems en el informe representa una disminución de la nota.
- c) Las funciones elaboradas deberán conservarse para su utilización en prácticas posteriores.

## **Referencias**

- [1] S. Mitra. *Digital Signal Processing: a computer based approach*. Mc Graw Hill, 2006.
- [2] J. Ulloa. Diseño y evaluación de algoritmos para detectar vocalizaciones de aves en registros sonoros. Technical report, Pontificia Universidad Javeriana-Seccional Cali, 2012.