

Grado en Ing. de Tecnologías de Telecomunicación
Fundamentos de Sonido e Imagen
Laboratorio Bloque 1: Fundamentos de Sonido

Práctica 1.1- Interfaz Gráfico de Análisis y Procesado de Señales de Sonido en MatLab (2.5 pt., 10h)

1. **Objetivo:** la idea es diseñar un interfaz gráfico de usuario (GUI) funcional, preciso, claro y visualmente atractivo, para el procesado efectivo de señales de audio/voz, grabación/reproducción de señales de audio, y su visualización en los dominios t-f de las señales bajo consideración, en el entorno de trabajo de Matlab.
2. **Funcionalidades básicas (obligatorias):**
 1. El manejo del sistema debe ser primordialmente gráfico (GUI), por ventanas y con el ratón (**appdesigner**).
 2. Entrada/Salida completa: carga ficheros audio (entrada), edición/ procesado/ visualizado/ reproducción y guardado del resultado en el disco duro (salida).
 3. El interfaz GUI, haciendo uso de rutinas de **MatLab** accederá a la tarjeta de sonido, tanto a su **micrófono** (grabación) como a los **altavoces/auriculares** (reproducción).
 4. Tratamiento de **señales deterministas simples**, como señales periódicas o armónicas puras, señales periódicas cuadradas, triangulares y dientes de sierra, etc. La frecuencia y amplitud de tales señales debe ser posible elegirlas por parte del usuario de forma cómoda.
 5. El interfaz debe representar/visualizar fielmente las señales previamente grabadas por el **micrófono** en el **dominio del tiempo**.
 6. El interfaz debe representar/visualizar fielmente las señales previamente grabadas por el micrófono en el **dominio de la frecuencia** (serie o transformada de Fourier y **espectrograma**).
 7. El interfaz debe permitir leer (cargar) y grabar señales de audio tras su captación (micrófono) o procesado, en los **formatos** de ficheros de **audio** habituales (.wav).
 8. El interfaz debe permitir procesar de forma sencilla (a poder ser de forma gráfica), una señal de audio, con operaciones elementales como por ejemplo la **compresión y expansión en los dominios tiempo-frecuencia, inversión eje temporal**.
 9. Las **gráficas o figuras (plot)** deben dejar claro en todo momento el parámetro físico que representan, así como las unidades y magnitudes en que se mide. De esto modo, ambos ejes de las figuras (*plot*) deberán incluir en todo momento las unidades correctas, debidamente etiquetados (*label*): dB, dBm, Voltios (V), tiempo (s), frecuencia (Hz), etc.
3. **Funcionalidades extra (opcionales):**
 1. Poder procesar y visualizar varias señales simultáneamente en el mismo GUI (pantalla PC): entrada (sin procesar) vs. salida (procesada)
 2. Marcador con instante de reproducción señal audio en el dominio del tiempo.
 3. Posibilidad combinar varias fuentes de sonido en una sola.
 4. Posibilidad de manejar varias señales de audio en paralelo (simultáneamente).
 5. Opcionalmente se recomienda que se pueda seleccionar la forma de **onda arbitraria** determinista de las señales periódicas descritas en el apartado de funcionalidades obligatorias (ondas trapezoidales, rampas subida y bajada, tiempo activo, amplitudes, etc)
 6. Incluir cálculo de potencias medias, o niveles de presión sonora de señal estimados.

7. Tratamiento de señales aleatorias y **señales de audio/voz/música complejas (formatos audio)**.
8. Contaminación de una señal por **ruido** aleatorio de distinta naturaleza y de potencia variable y su posterior recuperación
9. Modulación de la señal original y su posterior demodulación (tipos de modulaciones).
10. Ilustración efectos de **aliasing** por muestreo por debajo de la frecuencia mínima Nyquist.
11. Estudio del **timbre** de una señal de audio compleja (instrumentos) en el dominio frecuencial.
12. El interfaz, permita regular la **frecuencia de muestreo**, dar control al mecanismo de **cuantificación/filtro** de reconstrucción, permitiendo interpolaciones (lineales) si fuera necesario.
13. Opcionalmente se valorarán funcionalidades extra, como: filtrado, efectos acústicos, ecos, interferencia, filtrado (eliminación) de ruido, combinación de tonos, sonido multiaural (estéreo), y la demostración de otros **efectos psicoacústicos** de interés en el ámbito de la asignatura.

4. **Recomendaciones:**

- Se recomienda comenzar por estudiar y utilizar las rutinas básicas de cálculos matricial de MatLab, así como las existentes en los *toolboxes* de MatLab, en particular de **App Building**, **Signal Processing Toolbox** y **Audio Toolbox**, como por ejemplo, las siguientes:
 - *fft, ifft, fftshift, linspace, plot, subplot, axis, label, xlabel, ylabel, size, length, ones, zeros, sound, soundsc, pause, spectrogram, figure, pause, freqz colormap, image, imagesc, mesh, surf, array, title, save, clear, hold on, load, rand, randn, hist, upsample, downsample, reshape, resample, interp, decimate, modulate, waveread, wavwrite, wavplay, auread, fade, flipr, flipud*
- Se recomienda el uso de formatos de audio estándar, principalmente .wav, (.au, .mp3, etc).
- Se recomienda utilizar los comandos de depuración típicos en Matlab según se programa, caso de ser necesarios: *dbstop, dbstep, dbcont*, etc.

5. **Evaluación** (valor máximo de la práctica: 2.5 puntos, 10h):

- Se hará una **demostración in-situ** del funcionamiento del interfaz al profesor. Al mismo tiempo, se suministrarán tanto los **programas fuente en MatLab** (ficheros .mlapp, debidamente comentados), como una **memoria de funcionamiento** (manual de usuario, con ejemplos de uso) y otra **memoria de programación** (explicación del código programado en Matlab). Obligatoriamente, se suministrarán igualmente **ejemplos ilustrativos de señales** de audio previamente grabadas/analizadas.
- La **evaluación** se basará, entre otros, en los siguientes principios:
 - Calidad y utilidad de las funcionalidades programadas
 - Claridad y fidelidad del interfaz de visualización gráfico, así como su diseño (ergonomía) y facilidad de manejo
 - Precisión, calidad y velocidad de ejecución de las subrutinas programadas en Matlab: se valorará especialmente la programación vectorial/matricial, evitando la aparición de bucles *for*.
 - Claridad, estructura y organización del texto de la memoria de funcionamiento
 - Versatilidad del interfaz de procesamiento de señales de audio.
 - Es necesario añadir comentarios claros en las distintas partes del código programado para su posterior evaluación

NOTA: Adicionalmente, se valorará también la entrega de videotutoriales que ilustren las funcionalidades y versatilidad del interfaz a con la inclusión de ejemplos a nivel usuario.