

# Documentación del Código para Eliminación de Ruido Usando la Transformada de Z

## 1. Introducción

Este documento explica el funcionamiento del código utilizado para la eliminación de ruido en una grabación de voz utilizando la **Transformada de Z**. Se analiza su aplicación en el dominio digital, su implementación en el filtrado y las mejoras que pueden implementarse para optimizar los resultados.

## 2. Objetivo

- Eliminar el ruido de fondo (conversaciones, gritos, música, sonidos de autos, etc.).
- Mejorar la claridad de la voz principal sin alterar su tono ni calidad.
- Implementar la **Transformada de Z** para diseñar y analizar filtros digitales eficientes.

## 3. Transformada de Z: Fundamentos y Aplicación

La **Transformada de Z** es una herramienta matemática fundamental en el procesamiento digital de señales. Se utiliza para analizar y diseñar filtros en el dominio de la frecuencia discreta.

### 3.1 Definición Matemática

La Transformada de Z de una señal discreta  $x[n]$  se define como:

$$X(z) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n] z^{-n}$$

Donde:

- $z$  es una variable compleja definida en el plano Z.
- $X(z)$  representa la transformada de la señal en el dominio de Z.
- Se usa para el diseño de filtros digitales mediante la función de transferencia.

### 3.2 Uso en el Filtro Wiener

En este código, el filtro Wiener es implementado usando la Transformada de Z. El filtro Wiener se define como:

$$H(z) = \frac{S_x(z)}{S_x(z) + S_n(z)}$$

Donde:

- $S_x(z)S_x^*(z)$  es la transformada del espectro de la señal original.
- $S_n(z)S_n^*(z)$  es la transformada del espectro del ruido.

El objetivo es encontrar  $H(z)$ , la función de transferencia en el dominio  $Z$ , que minimice el ruido en la señal de salida.

## 4. Implementación en el Código

### 4.1 Preprocesamiento del Audio

1. Se carga el archivo de audio y se convierte a mono si es necesario.
2. Se normaliza la señal para evitar distorsiones.

### 4.2 Diseño del Filtro Wiener con Transformada de $Z$

1. Se estima el ruido seleccionando un segmento silencioso.
2. Se calcula la autocorrelación de la señal y del ruido.
3. Se obtiene la matriz de correlación  $RR$  y el vector de correlación cruzada  $pp$ .
4. Se resuelve el sistema de ecuaciones en el dominio  $Z$ :  $w = R^{-1}pp$ . Este paso es crucial para diseñar un filtro en el dominio de  $Z$ .
5. Se aplica el filtro Wiener a la señal.

### 4.3 Aplicación de un Filtro Pasa-Banda

- Se usa un filtro pasa-banda (300 Hz - 3400 Hz) para conservar el rango de frecuencias de la voz.
- Se diseña con la Transformada de  $Z$  mediante un filtro Butterworth.

## 5. Resultados y Análisis

- Se logra la eliminación del ruido de fondo.
- La voz principal se escucha más grave, debido a la atenuación de frecuencias altas.

## 6. Mejoras Propuestas

1. **Ajustar la banda de frecuencia del filtro pasa-banda:** Ampliar el rango a **100 Hz - 4000 Hz** para preservar los armónicos de la voz.
2. **Mejor estimación del ruido:** Seleccionar segmentos representativos del ruido antes de aplicar el filtro Wiener.
3. **Post-procesamiento con ecualizador:** Refuerzo en **2 kHz - 5 kHz** para restaurar la claridad.

## 7. Conclusiones

El uso de la Transformada de  $Z$  en este código permite diseñar filtros eficaces para la eliminación de ruido. Sin embargo, el ajuste fino de los parámetros es esencial para

evitar la distorsión en la voz principal. Se recomienda realizar ajustes iterativos y pruebas perceptuales para optimizar los resultados.