**CONTROL DE RUIDO ACUSTICO**

**FILTRO ADAPTATIVO – LMS**

**EN MOODLE SE ENCUENTRA RESUELTO EL ALGORITMO - CON UN AUDIO DE APOYO.**

REALIZAR:

**Introducción:**

Un área particularmente desafiante y de gran interés dentro del DSP es el control de ruido acústico. El ruido, definido como cualquier señal no deseada que interfiere con la señal original, puede degradar significativamente la calidad de la señal de interés, especialmente en entornos acústicos.

En este contexto, los filtros adaptativos, y más específicamente el filtro de Mínimos Cuadrados Promedio (Least Mean Squares, LMS), juegan un papel crucial. El filtro LMS, introducido en la década de 1960, es ampliamente reconocido por su simplicidad y eficacia en la adaptación a cambios en la señal y el entorno de ruido. Este filtro ajusta automáticamente sus coeficientes para minimizar el error cuadrático medio entre la señal deseada y la señal producida por el filtro. Esta característica lo hace extremadamente útil en aplicaciones donde las propiedades de la señal o del ruido no son completamente conocidas de antemano o varían con el tiempo.

La importancia del filtro LMS en el procesamiento de señales es multifacética. Se utiliza en una variedad de aplicaciones, desde la cancelación de eco en telecomunicaciones hasta la mejora de señales de audio en dispositivos de asistencia auditiva. En el ámbito del control de ruido acústico, el filtro LMS permite una reducción efectiva del ruido, mejorando así la claridad y calidad de la señal de audio. Esta capacidad de adaptarse y aprender de manera continua lo convierte en una herramienta indispensable en el arsenal de técnicas de DSP modernas.

**Explicación del problema:**

El problema específico es la interferencia del ruido acústico en las señales de voz en esta tarea. El ruido acústico puede provenir de múltiples fuentes, como el tráfico, la maquinaria industrial, o incluso el ruido de fondo en un entorno doméstico o de oficina. Este ruido, cuando se mezcla con la señal de voz, puede causar una serie de problemas, desde la simple molestia hasta la incomprensión total del mensaje hablado.

El impacto del ruido en las señales de voz es significativo. Primero, reduce la claridad y la inteligibilidad de la voz. Esto es especialmente problemático en comunicaciones críticas, como en sistemas de telecomunicaciones o asistencia médica, donde la precisión de la información transmitida es vital. Además, en aplicaciones como el reconocimiento de voz o los dispositivos de asistencia auditiva, el ruido puede disminuir drásticamente la eficiencia y la precisión del sistema. Por lo tanto, la eliminación o reducción del ruido no es solo una cuestión de mejorar la calidad de la señal, sino también de asegurar la fiabilidad y efectividad de la comunicación.

Los desafíos que presenta el ruido acústico son variados. En primer lugar, el ruido puede variar en intensidad y espectro, lo que hace difícil su eliminación con filtros convencionales, que requieren una configuración fija y predefinida. Además, el ruido y la señal de voz a menudo comparten componentes frecuenciales, lo que complica aún más su separación. Por último, en muchos entornos, el ruido no es constante, sino que cambia con el tiempo, lo que requiere una solución dinámica y adaptable.

El filtro LMS se elige para abordar este problema debido a su capacidad para adaptarse a cambios en las características del ruido y de la señal. A diferencia de los filtros convencionales, el LMS ajusta continuamente sus coeficientes en respuesta a las variaciones en la señal de entrada, lo que le permite adaptarse a las condiciones cambiantes del ruido. Esta adaptabilidad lo hace ideal para aplicaciones en entornos ruidosos y dinámicos, donde las características del ruido no pueden ser completamente predecidas o son susceptibles de cambiar con el tiempo.

**Least Mean Squares (LMS) - Esquema minimización del error cuadrático:**

El algoritmo de Mínimos Cuadrados Promedio (Least Mean Squares, LMS) es un método adaptativo utilizado para minimizar el error cuadrático medio, una medida de la diferencia entre la señal deseada y la señal de salida del filtro. El principio de funcionamiento del LMS se basa en la actualización iterativa de los coeficientes del filtro para reducir este error.

**Principio de Funcionamiento**

El algoritmo LMS ajusta los coeficientes del filtro basándose en la señal de error, que es la diferencia entre la señal deseada d(n) y la señal de salida del filtro y(n). El error en el tiempo

n se define como:

e(n)= d(n) – y(n)

Donde:

* d(n) es la señal deseada en el tiempo n.
* y(n) es la salida del filtro en el tiempo n.

La salida del filtro y(n) se calcula como el producto punto entre el vector de coeficientes del filtro

W(n) y el vector de la señal de entrada X(n):

y(n)= W^T (n)⋅X(n)

**Actualización de Coeficientes**

La actualización de los coeficientes del filtro se realiza según la siguiente regla:

W(n+1)=W(n)+μ⋅e(n)⋅X(n)

**Donde:**

* W(n+1) son los coeficientes del filtro actualizados.
* μ es el factor de aprendizaje o tasa de convergencia.
* e(n) es el error en el tiempo n.
* X(n) es el vector de la señal de entrada.

El factor μ juega un papel crucial en el algoritmo LMS, ya que determina la velocidad de convergencia y la estabilidad del filtro. Un valor de μ demasiado alto puede llevar a una inestabilidad en la convergencia, mientras que un valor demasiado bajo puede resultar en una convergencia muy lenta.

**Visualización del Proceso**

**Un esquema útil para visualizar este proceso es el siguiente:**

1. Entrada de la Señal y Ruido: La señal de entrada X(n) y la señal deseada d(n) son proporcionadas al filtro.
2. Cálculo de la Salida y el Error: Se calcula la salida del filtro y(n) y, a partir de ella, el error e(n).
3. Actualización de Coeficientes: Los coeficientes del filtro W(n) se actualizan en función del error calculado.
4. Iteración: Este proceso se repite para cada muestra de la señal, ajustando continuamente los coeficientes para minimizar el error cuadrático medio.

Este esquema ilustra cómo el filtro LMS se adapta y aprende de manera continua, ajustando sus coeficientes para responder de manera óptima a las variaciones en la señal de entrada y el ruido.

**Análisis del Algoritmo LMS - Probar con un audio propio y diferentes coeficientes:**

Una captura de pantalla de una computadora

Descripción generada automáticamente con confianza media

Este grafico representa las figuras del audio. Original, con filtro y solo el ruido.

Las pruebas realizadas están en el zip denominado TP.

**5. CONCLUSIONES**

Este algoritmo demostró la eficacia del filtro LMS (Least Mean Squares) en la tarea de reducir el ruido en una señal de audio. A través de la implementación práctica del algoritmo, se observó que la selección adecuada de parámetros como el número de coeficientes y la constante de paso es crucial para el rendimiento del filtro. Estos parámetros influyen significativamente en la convergencia del algoritmo y en la calidad final del audio filtrado.

Sin embargo, también se identificaron limitaciones, como cierta distorsión residual en la señal filtrada y la incapacidad de eliminar completamente el ruido en todos los casos

En términos de aplicaciones prácticas, el filtro LMS demuestra ser una herramienta valiosa en áreas como telecomunicaciones, dispositivos auditivos y mejora de grabaciones en entornos ruidosos.