

Filtragem de Sinais Sonoros

Paula Reis¹, Ryan Costa², Sofia Mayumi³

¹Faculdade de Computação – Universidade Federal do Pará (UFPA)
CEP: 68746-360 – Castanhal – PA – Brasil

{paula.reis, ryan.costa, sofia.mayumi}@ufpa.br

Abstract. *This study explores the role of filters and their application in an MP4 audio file composed of mixed noise. The filtering process is analyzed in detail, examining the techniques used, the obtained results, and possible applications. The research provides an in-depth view of the effectiveness of different filtering methods and their impact on audio quality. Furthermore, it discusses how the removal of mixed noise can contribute to a better understanding of signal processing and its practical implications for sound enhancement.*

Resumo. *Este estudo explora o papel dos filtros e sua aplicação em um arquivo de áudio no formato MP4, composto por um ruído misto. O processo de filtragem é analisado detalhadamente, examinando as técnicas empregadas, os resultados obtidos e suas possíveis aplicações. A pesquisa proporciona uma visão aprofundada sobre a eficácia dos diferentes métodos de filtragem e seus impactos na qualidade do áudio. Além disso, discute-se como a remoção do ruído misto pode contribuir para uma melhor compreensão do processamento de sinais e suas implicações práticas na melhoria do som.*

1. Introdução

O processamento de sinais desempenha um papel fundamental na melhoria da qualidade do áudio em diversas aplicações, desde comunicações até produção musical. Em ambientes reais, os sinais de áudio frequentemente sofrem interferências, adquirindo ruídos indesejáveis que podem comprometer sua inteligibilidade e qualidade. Para amenizar esses efeitos, técnicas de filtragem são amplamente utilizadas, permitindo a remoção de componentes indesejados e a preservação das características essenciais do sinal original.

Neste estudo, exploramos a aplicação de filtros no processamento de um áudio contendo ruído misto, ou seja, uma combinação de diferentes tipos de ruídos presentes no sinal. O objetivo principal é avaliar a eficácia dos métodos de filtragem na remoção do ruído e analisar os impactos dessa operação tanto na representação gráfica do sinal quanto na percepção auditiva.

2. Fundamentos Teóricos

O processamento de sinais desempenha um papel fundamental em diversas áreas, desde a engenharia de telecomunicações até aplicações biomédicas e sistemas de controle. Os sinais podem ser classificados em dois tipos principais: analógicos e digitais.

Os sinais analógicos são contínuos no tempo, como as ondas sonoras, enquanto os sinais digitais são discretizados, representados por sequências de valores em momentos específicos, como os dados captados por sensores. Para que esses sinais possam ser processados, três etapas são essenciais:

1. Conversão do sinal – A conversão analógico-digital (A/D) transforma um sinal contínuo em um sinal discreto, permitindo seu processamento por sistemas digitais.
2. Filtragem – Utilizada para extrair e melhorar informações relevantes do sinal.
3. Reconstrução do sinal – Converte o sinal processado de volta para o formato analógico, quando necessário.

Os filtros são ferramentas essenciais no processamento de sinais, permitindo a seleção e manipulação de determinadas faixas de frequência. Eles são classificados em quatro tipos principais:

1. Filtro passa-baixa: Atenua frequências acima da frequência de corte (f_c). É utilizado para reduzir ruídos agudos em sinais de áudio.
2. Filtro passa-alta: Bloqueia frequências abaixo de f_c , eliminando zumbidos indesejados em gravações.
3. Filtro passa-banda: Permite a passagem de uma faixa específica de frequências, sendo utilizado para isolar canais em telecomunicação.
4. Filtro rejeita-banda: Bloqueia uma faixa específica de frequência. Um exemplo comum é a eliminação da interferência de equipamentos que operam em 60 Hz.

3. Metodologia

3.1. Descrição do Áudio Original

O experimento foi conduzido utilizando um arquivo de áudio denominado `ruido_misto.wav`, gerado por meio de um script em Python. Esse arquivo contém um sinal de áudio composto por duas frequências constantes: **200 Hz** (grave) e **5000 Hz** (aguda). O objetivo é aplicar um filtro passa-baixa para atenuar a componente de alta frequência, preservando apenas a frequência mais baixa, permitindo assim a visualização clara do efeito do filtro.

3.2. Ferramentas e Software Utilizados

Para a implementação e análise do filtro, foram utilizadas as seguintes bibliotecas em linguagem Python:

- **NumPy**: utilizado para manipulação dos dados numéricos e normalização do sinal.
- **SciPy (signal, io.wavfile)**: empregado na aplicação do filtro digital e manipulação do arquivo de áudio.
- **Matplotlib**: utilizado para a geração dos gráficos e visualização dos sinais antes e depois do processo de filtragem.

3.3. Processamento do Sinal

3.3.1. Leitura e Normalização do Áudio

- O arquivo `ruido_misto.wav` foi lido utilizando a função `wav.read()`, que retorna a taxa de amostragem e os dados do sinal.
- Caso o sinal possua mais de um canal (estéreo), foi realizada a conversão para mono através da média dos canais.
- O sinal foi convertido para ponto flutuante e normalizado entre -1 e 1 para evitar distorção durante o processamento.

3.3.2. Configuração do Filtro Passa-Baixa

- Foi implementado um filtro Butterworth de 3ª ordem.
- A frequência de corte foi definida em 2000 Hz, permitindo a passagem de componentes abaixo desse valor e atenuando frequências superiores.
- O sinal foi processado utilizando a função `signal.butter()` para obtenção dos coeficientes do filtro e `signal.filtfilt()` para aplicação bidirecional do filtro, minimizando distorções de fase.

3.3.3. Escrita do Áudio Filtrado

- O sinal filtrado foi desnormalizado e convertido para o formato `int16`, compatível com arquivos de áudio WAV.
- O novo sinal foi salvo em um arquivo denominado `audio_filtrado.wav` utilizando a função `wav.write()`.

3.3.4. Visualização dos Resultados

- Foram gerados dois gráficos para comparação entre o sinal original e o sinal filtrado.
- No primeiro gráfico, exibe-se a forma de onda do sinal original ao longo do tempo.
- No segundo gráfico, apresenta-se a forma de onda do sinal filtrado, evidenciando a remoção das altas frequências.

4. Resultados e Análise

No processamento de sinais de áudio, a filtragem é uma técnica essencial para melhorar a qualidade do som, remover ruídos indesejados e destacar componentes de interesse. Neste trabalho, utilizamos um filtro passa-baixa para suavizar o sinal de áudio, removendo frequências acima de um determinado limite e preservando as componentes de baixa frequência. O objetivo foi analisar o impacto da filtragem na forma de onda do áudio e avaliar a eficácia do filtro na atenuação de altas frequências.

O sinal de áudio original foi submetido ao filtro passa-baixa, resultando em uma versão filtrada do sinal. A filtragem foi realizada utilizando técnicas de processamento digital de sinais, garantindo que as altas frequências fossem atenuadas de forma eficiente.

A análise comparativa entre o sinal de áudio original e o sinal filtrado revelou uma redução significativa nas oscilações de alta frequência. Conforme ilustrado nas imagens geradas, o sinal filtrado apresenta uma forma de onda mais suave, com menos variações bruscas, o que indica a remoção eficaz de componentes de alta frequência. A filtragem resultou em um som mais suave e com menos ruídos agudos, o que é particularmente benéfico para aplicações que exigem clareza e inteligibilidade, como reconhecimento de fala e processamento de áudio para comunicação.

As formas de onda e espectrogramas gerados permitiram uma visualização clara do impacto da filtragem. No sinal original, observa-se a presença de componentes de alta frequência, que se manifestam como oscilações rápidas na forma de onda. Após a



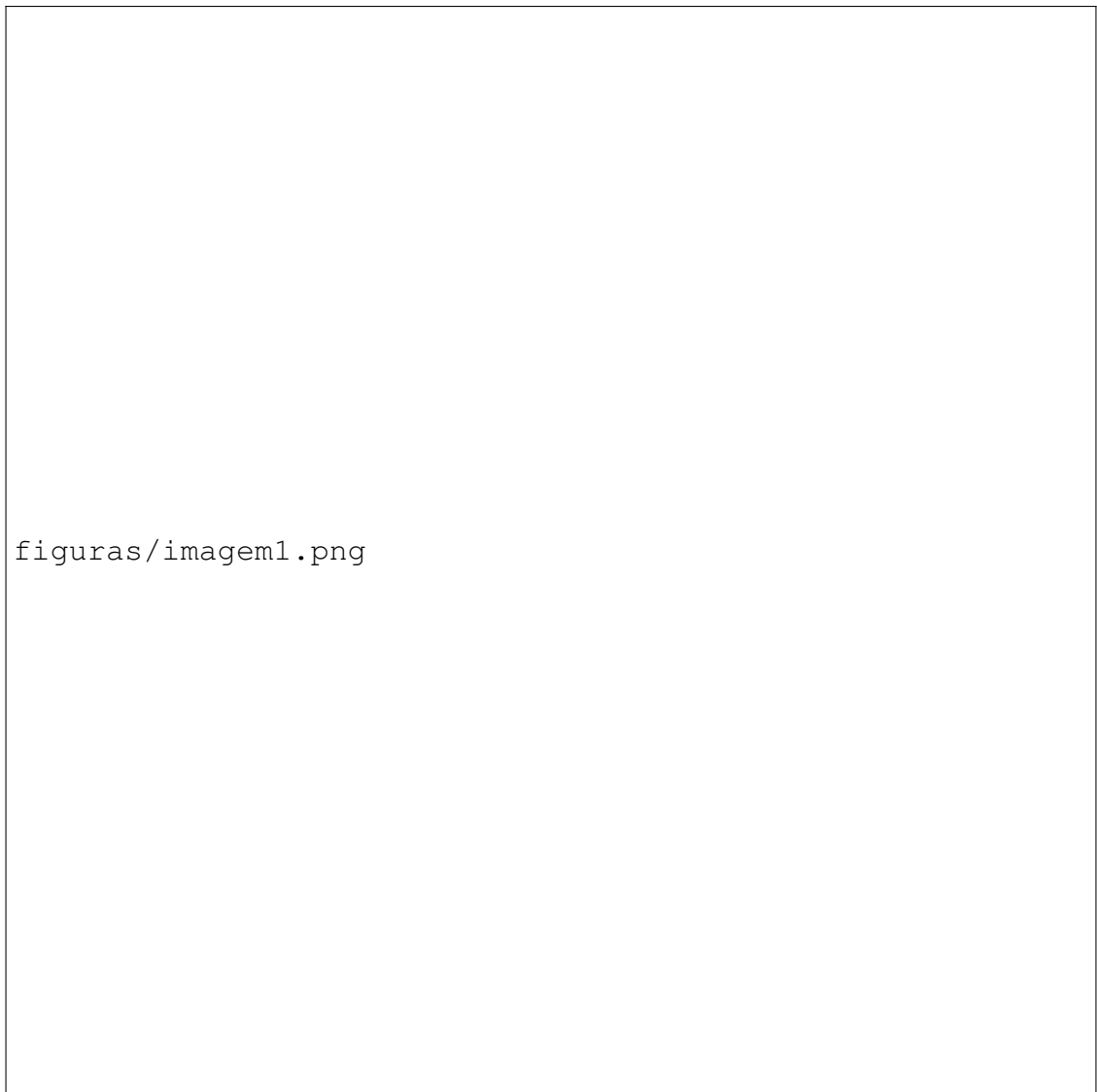
Figure 1. Sinal de áudio original e áudio filtrado sem zoom.

aplicação do filtro passa-baixa, essas oscilações foram substancialmente reduzidas, resultando em um sinal mais limpo e uniforme.

5. Conclusão

Este estudo demonstrou a eficácia da aplicação de filtros passa-baixa no processamento de sinais de áudio com ruído misto. A filtragem permitiu a remoção eficiente de componentes de alta frequência, resultando em um sinal mais limpo e de melhor qualidade. Os resultados obtidos destacam a importância do uso de técnicas de filtragem em aplicações que demandam clareza e inteligibilidade do áudio, como comunicações e produção musical. Futuros trabalhos podem explorar a aplicação de outros tipos de filtros e sua combinação para otimizar ainda mais a qualidade do sinal processado.

References



figuras/imagem1.png

Figure 2. Sinal de áudio filtrado e original com zoom aplicado.