

Orador 1: João Sousa

Slides: 1, 2, 5, 9 e 10

Slide 1 e 2 - Introdução ao MP3 Bom dia a todos, eu sou o João Sousa e hoje vim apresentar juntamente com os meus colegas, João Monteiro e João Gaspar, o MP3 nomeadamente, a codificação de áudio, modelos psicoacústicos e as configurações de bitrate.

O MP3, criado na década de 1990 pelo grupo MPEG, é um formato de compressão digital com perdas. Este formato revolucionou o armazenamento e a distribuição de áudio ao reduzir significativamente o tamanho dos ficheiros, mantendo uma qualidade aceitável. Antes do MP3, formatos como o WAV ocupavam muito espaço, tornando impraticável a distribuição em larga escala. O MP3 veio democratizar o acesso à música digital, permitindo que esta fosse partilhada de forma mais acessível e eficiente.

A figura 1 apresenta uma comparação histórica entre formatos de áudio, destacando como o MP3 conseguiu reduzir drasticamente o tamanho dos ficheiros sem comprometer a usabilidade.

Slide 5 - Banco de Filtros de Análise (Polyphase Analysis Filter Bank) Agora, vou explicar o primeiro passo do processo de codificação MP3: o banco de filtros de análise. Este método divide o sinal PCM de entrada em várias sub-bandas de frequência. Utiliza filtros polifásicos para isolar diferentes faixas de frequência, o que melhora a resolução e prepara os dados para as próximas etapas, como a transformação MDCT. Esta divisão permite uma análise mais detalhada do sinal áudio.

A figura 3 ilustra a estrutura do banco de filtros de síntese, que é fundamental para entender como o sinal é segmentado e processado.

Slide 9 - Ciclo de Alocação de Bits e Quantização Finalmente, vamos falar do ciclo de alocação de bits. Este processo reduz ainda mais o tamanho do ficheiro enquanto preserva a qualidade percepcionada. Primeiro, os coeficientes de frequência são quantizados para simplificar os dados. Depois, aplica-se a codificação de Huffman, atribuindo códigos mais curtos a valores que ocorrem com maior frequência. Este ciclo é essencial para comprimir o áudio de forma eficiente.

A figura 7 demonstra visualmente como a quantização afeta o sinal áudio, evidenciando os possíveis erros introduzidos neste processo.

Slide 10 - Bitstream Formatting Depois de comprimir os dados, é necessário organizá-los no formato final de MP3. O bitstream inclui frames codificados e informações auxiliares, como alocação de bits e fatores de escala. Este processo garante que o ficheiro seja compatível com dispositivos de reprodução e adequado para armazenamento e transmissão.

A figura 8 mostra a estrutura de um ficheiro MP3, destacando a organização dos dados comprimidos.

Orador 2: João Monteiro

Slides: 3, 6, 11, 12 e 14

Slide 3 - Impacto Global do MP3 O MP3 teve um impacto global profundo. Democratizou o acesso à música digital, permitindo que milhões de pessoas pudessem armazenar e transmitir música de forma prática. Reduziu a necessidade de espaço físico para armazenamento, o que impulsionou a criação de plataformas como o Spotify e o iTunes. Além disso, dispositivos como leitores de MP3 tornaram-se ícones culturais, refletindo a importância desta tecnologia no nosso quotidiano.

Slide 6 - Transformada de Fourier e Análise Psicoacústica Avançando para a parte técnica, o próximo passo no processo de codificação é a Transformada de Fourier Rápida (FFT). Este método converte o sinal áudio do domínio do tempo para o domínio da frequência, facilitando a análise. Aqui entram os modelos psicoacústicos, que exploram as limitações da audição humana. Por exemplo, sons fortes mascaram sons mais fracos nas mesmas proximidades de frequência ou em tempos próximos. Estas técnicas permitem identificar dados que podem ser removidos sem impactar significativamente a qualidade percepção.

A figura 4 ilustra os modelos psicoacústicos em ação, exemplificando os efeitos de mascaramento de frequência e temporal.

Slide 11 e 12 - Configuração do Bitrate (CBR, VBR e ABR) O bitrate define a quantidade de dados utilizada para representar um segundo de áudio. Existem três modos principais:

- O **CBR** (bitrate constante) usa a mesma taxa em todo o ficheiro, garantindo previsibilidade.
- O **VBR** (bitrate variável) adapta a taxa à complexidade do áudio, melhorando a qualidade geral.
- O **ABR** (bitrate médio) combina os dois anteriores para um valor médio. Estas configurações permitem encontrar um equilíbrio entre tamanho do ficheiro e qualidade do áudio.

A figura 10 compara os métodos de CBR e VBR, evidenciando as diferenças práticas na compressão de áudio.

Slide 14 - Conclusão O MP3 foi um marco na história da música digital, permitindo o acesso democrático à música. Apesar das suas limitações, continua a ser amplamente utilizado e tem um impacto cultural significativo.

Orador 3: João Gaspar

Slides: 4, 7, 8, 13

Slide 4 - Visão Geral do Processo de Codificação Como já foi mencionado, o processo de codificação de um sinal de áudio para um ficheiro MP3 envolve várias etapas, e neste slide temos uma representação visual desse processo. Este diagrama ilustra como o sinal de áudio, na sua forma original, é transformado num ficheiro MP3 comprimido e eficiente.

O processo começa com o sinal de áudio em formato PCM, ou Pulse Code Modulation, que é a representação digital do som captado. Este sinal é submetido a várias fases de processamento, com o objetivo de reduzir o tamanho do ficheiro sem comprometer demasiado a qualidade do áudio.

A primeira etapa consiste na passagem do sinal por filtros polifásicos, que segmentam o som em sub-bandas de frequência. Paralelamente, o sinal passa pela Transformada Rápida de Fourier, ou FFT, que converte o áudio para o domínio da frequência, e depois é analisado através de modelos psicoacústicos.

De seguida, é aplicada a MDCT, ou Transformada Discreta de Cosseno Modificada, que compacta os dados no domínio da frequência de forma ainda mais eficiente.

A etapa seguinte é o ciclo de alocação de bits, onde os dados são comprimidos através de técnicas como a quantização e a codificação de Huffman. Por fim, os dados comprimidos e estruturados são organizados num formato de *bitstream*. Esta é a saída do processo: um ficheiro MP3 muito menor em comparação com o original, mas que mantém uma qualidade aceitável para audição.

Cada um destes passos será detalhado ao longo desta apresentação.

Slide 7 e 8 - Funcionamento e Vantagens do MDCT O MDCT, ou Transformada Discreta de Cosseno Modificada, é um componente essencial do processo de codificação MP3. Esta técnica é responsável por converter os dados do domínio do tempo para o domínio da frequência, mas de forma bastante eficiente e otimizada.

Uma das suas características principais é a utilização de blocos sobrepostos durante a transformação. Esta abordagem reduz significativamente as descontinuidades entre blocos adjacentes, o que é essencial para evitar artefatos audíveis na reconstrução do sinal comprimido.

Diferentemente do FFT, que transforma o sinal inteiro de uma vez para o domínio da frequência, o MDCT trabalha com blocos fixos e sobrepostos. Por exemplo, um bloco típico pode ter 1024 amostras, sendo que 50% do bloco atual sobrepõe-se ao bloco anterior e ao seguinte. Esta sobreposição permite capturar melhor a continuidade temporal e reduzir redundâncias entre os blocos.

O processo consiste em aplicar a fórmula do MDCT, que utiliza funções de cosseno para realizar a transformação. Esta técnica tem diversas vantagens sendo as principais a redução de redundâncias temporais, ou seja, a minimização da repetição de informação no sinal ao sobrepor os blocos; a compactação espectral em que o

MDCT organiza os coeficientes de frequência de forma compacta, destacando os componentes mais significativos e reduzindo as frequências relevantes ou inaudíveis.

Na figura ao lado vemos três gráficos diferentes. No gráfico de cima, vemos o sinal de áudio original capturado no domínio do tempo, com variações de amplitude ao longo do tempo.

No gráfico do meio o sinal foi dividido em um bloco de 1024 amostras. A divisão em blocos ocorre para que cada segmento do sinal seja processado de forma independente. Este método não só facilita a análise como também contribui para a redução do volume total de dados a ser armazenado ou transmitido.

O último gráfico apresenta os coeficientes de frequência obtidos após a aplicação do MDCT ao bloco do sinal. É evidente que a maior parte da energia do sinal está concentrada nos coeficientes de baixa frequência, como se observa nos picos iniciais do gráfico. Esta parte é bastante importante para a compressão, uma vez que permite que o codificador concentre recursos nas frequências mais relevantes, ignorando ou comprimindo mais agressivamente aquelas de menor importância ou audibilidade.

Slide 13 - Benefícios e Limitações O MP3 apresenta inúmeros benefícios como por exemplo a alta compatibilidade com dispositivos, a eficiência na compressão, permitindo ficheiros pequenos com qualidade aceitável e o facto de ser ideal para streaming e downloads rápidos.

No entanto, tem limitações. A compressão com perdas elimina dados irreversíveis e pode introduzir artefatos audíveis em bitrates baixos. Além disso, novos formatos, como o AAC e o Opus, oferecem melhor desempenho.