

Universidade de Aveiro
Teoria Algorítmica de Informação

Trabalho de Laboratório 3

Mestrado de Engenharia Informática

João Pedro Pereira, 106346 pedro.jp@ua.pt

22 de Janeiro de 2022

Índice

1. Introdução	3
2. Estrutura	3
3. Implementação	3
3.1 Database	3
3.2 Segments	4
3.3 Signatures	4
3.4 Code	4
4. Análise de Resultados	5
Compressor GZIP	6
Compressor BZIP2	7
Compressor LZMA	8
Compressor LZ4	9
5. Conclusão	10
6. Trabalhos Futuros	10
6. Webgrafia	10

1. Introdução

Este projeto foi desenvolvido no âmbito da Unidade Curricular Teoria Algorítmica da Informação e tem como objetivo o desenvolvimento, e teste de um programa de deteção de excertos de música, utilizando Normalized Compression Distance para identificar automaticamente a música, utilizando pequenos exemplos para consulta na base de dados.

Para proceder o cálculo de NCD, foram utilizados 4, compressores gzip, bzip2, lzma e lz4. Para os testes, foram escolhidas 31 músicas. Para a deteção da música é possível gerar ruído em cima da música com a linha de comandos Sox [3], para verificar o comportamento do objetivo principal do projeto.

Para fazer os cálculos de NCD, é necessário converter o ficheiro de áudio para uma “signature” de domínio de frequência, para esta conversão foi utilizado o programa GetMaxfreqs, fornecido pelos docentes.

2. Estrutura

O projeto foi estruturado como é demonstrado na imagem 1. Ele está composto por uma pasta “code”, que contém todo o código implementado, e o programa fornecido pelos docentes.

A pasta “database”, serve para armazenar todos os ficheiros áudios que servirão para base de dados.

A pasta “Segments” contém todos os ficheiros que são incógnitos, e serão usados para determinar qual música corresponde, comparando com a base de dados.

Por último, a pasta “signatures”, é onde irão todas a assinaturas/frequências dos ficheiros de áudio.

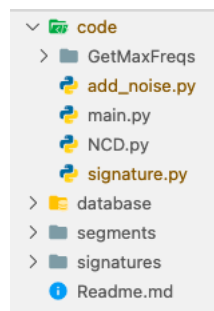


Figura 1 - Estrutura do projeto

3. Implementação

Neste tópico, vai ser mencionado o que cada parte contribui para o objetivo do projeto.

3.1 Database

Para a base de dados, inicialmente escolheu-se as músicas a utilizar, após as músicas escolhidas, a aplicação web X2Download para fazer o download das músicas escolhidas, esta aplicação faz o download a partir de link do youtube e guarda no formato mp3.

Como as músicas vinham completas e apenas seria preciso uns poucos de segundos para a base de dados, então utilizou-se a aplicação web mp3cut, para retirar os segundos que eram achados importantes (refrões ou alterações de frequências).

3.2 Segments

Na pasta segments, tal como já mencionado, contém os ficheiros áudio a determinar a música, nesta pasta, também contém uma pasta denominada por “noised”, nesta pasta irá os ficheiros áudio que serão adicionados ruídos, para fazer testes do programa desenvolvido.

3.3 Signatures

Nesta pasta contém todos os ficheiros gerados pelo GetMaxFreqs, fornecido pelos docentes. Nela contém duas pastas “database” e “segments”, tal como o nome indica, vai conter os ficheiros de frequências da base de dados e dos segmentos, sendo que a dos segmentos, ainda terá uma pasta “noised” para as frequências dos ficheiros que foram adicionados ruídos.

3.4 Code

Aqui encontra-se toda a implementação do código para o programa. Foi desenvolvido um programa para gerar ruído numa determinada música e um outro para determinar a música num determinado segmento.

Para adicionar ruído, foi desenvolvido um ficheiro denominado por “add_noise.py”, para execução deste programa de geração de ficheiros com ruído, é requisitado dois parâmetros, o ficheiro de áudio e o nível de ruído. O ficheiro criado será criado no formato wav e adicionado na pasta “segments/noised”.

Para o objetivo principal do objeto, foram criados 3 ficheiros, “main.py”, “NCD.py” e “signatures.py”, para a deteção da música é executado ficheiro “main.py”, com dois argumentos, o caminho do segmento e tipo de compressor que é desejado.

Foram seguidas as fases como é demonstrado na figura 2

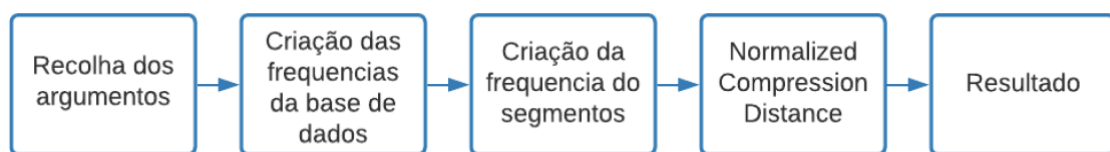


Figura 2 - Fases de processo de deteção

A fase de recolha dos argumentos, é recebido dois argumentos, esses dois argumentos são o caminho para o segmento e nome do compressor a ser utilizado, são analisados ambos os argumentos e são validados se encontram-se corretos, para o caminho do segmento, é verificado se o caminho para o segmento existe, e para o compressor, verifica se é um compressor válido.

A fase de criação das frequências para a base de dados, é utilizada a classe “signatures”, e nesta fase, verifica todos os arquivos na pasta de entrada “database” e por cada um dos ficheiros, verifica se o nome desse ficheiro existe na pasta “signatures/database” com o formato “.freqs”, caso não exista, será gerado o respetivo ficheiro “.freqs”. Todos os ficheiros “.freqs” são gerados pelo programa GetMaxFreqs.

A terceira fase é a criação do ficheiro “.freqs” para o segmento. Nesta fase, o ficheiro inserido, deve estar na pasta “segments”, caso esse ficheiro seja um ficheiro onde foi inserido ruído, ele vai se encontrar na pasta “noised” dentro da pasta “segemnts”. Para a respetiva deteção da música, foi utilizado o Normalized Compression Distance.

$$\text{NCD}(x, y) = \frac{C(x, y) - \min\{C(x), C(y)\}}{\max\{C(x), C(y)\}},$$

Figura 3 - Normalized Compression Distance

A figura 3, demonstra a fórmula NCD, que foi utilizada, onde $C(x)$ corresponde o número de bits necessários pelo compressor escolhido para representar x , e $C(x,y)$, indica o número de bits necessários para comprimir x e y juntos. Esta função, foi utilizada na classe “NCD”, onde faz a respetiva importação do compressor escolhido e faz os respetivos cálculos para cada documento da base de dados. Os valores são salvos num dicionário e após todos os ficheiros de base de dados calculados com o segmento a determinar, é então ordenado o dicionário pelo itens, de forma crescente, onde se obtém o resultado da melhor música, que corresponde ao menor resultado retornado pela classe “NCD”.

O programa por cada música de base de dados ou de segmentos, verifica o seu formato e a sua frequência, caso o seu formato não seja “.wav” ou “.flac”, vai então converter o áudio para “.wav”, e caso a sua frequência não seja 44100 Hz, então vai converter a frequência para a correta.

4. Análise de Resultados

Para a análise, foram utilizadas todas as músicas da base de dados e todos os compressores usados neste programa. Foram executadas todas as músicas e comparados os resultados com o resultado esperado.

Foram testadas as músicas com e sem ruído, como as músicas sem ruído eram totalmente iguais às de base de dados, deu 100% de acerto.

Para as músicas com ruído, foram utilizados vários níveis de ruído por cada música, foram testados o nível de ruído a 0.1 , 0.3, 0.5, 0.7, e 1 mas a taxa de erro continuava pequena, então foram aumentados os níveis para 2, 5, 10 e 15. Sendo que a taxa de erro aumentou o suficiente para conseguir uma conclusão relativa à comparação dos compressores utilizados. O resultado com ruído analisado, ao ouvido humano, já se tornava difícil de detetar a música correspondente, sendo que o programa conseguia bons resultados. A tabelas seguintes representam os resultados de cada compressor, onde C corresponde a “Correto” e o E a “Errado”.

Compressor GZIP

	GZIP			
Noise	2	5	10	15
AC DC - Thunderstruck	C	C	C	C
AC DC - TNT	C	C	C	C
Arctic Monkeys - Arabella	C	C	C	C
Arctic Monkeys - Do I Wanna Know	C	C	C	C
Billie Eilish – Billie Bossa Nova	E	E	E	E
Billie Eilish – Happier Than Ever	C	C	C	C
Bruno Mars - Locked out of heaven	C	C	C	C
Bruno Mars - When I Was Your man	C	C	C	C
Coldplay - Fix You	C	C	C	C
Coldpaly - Viva La Vida	E	E	E	E
Foster The People - Imagination	C	C	C	C
Foster The People - Pumped Up Kicks	C	C	E	E
Manel Cruz - O navio dela	E	E	E	E
Muse - Time is Running Out	C	C	C	C
Muse – Uprising	C	C	C	C
Nirvana - Heart Shaped Box	C	C	C	C
Nirvana - Smells Like Teen Spirit	C	C	C	C
Red Hot Chilli Peppers - Californication	C	C	C	C
Red Hot Chili Peppers - Otherwise	C	C	C	C
Russ - Losin Control	C	C	C	C
Stereossauro – Saia	C	C	C	C
Talking Heads - Once in a Livetime	C	C	C	C
Talking Heads - Psycho Killer	E	E	E	E
The Cure - Boys Ddont Cry	E	E	E	E
The Neighbourhood - Sweateer Weather	C	C	C	C
The Strokes - Reptilia	C	C	C	C
The Strokes - The adults are talking	C	C	C	C
The Weeknd - Earned It	C	C	C	C
The Weeknd - Save your tears	C	C	C	C
Two door cinema club - Something good	C	C	E	E
Two door cinema club - What you know	E	E	E	E

Errou totalmente a deteção de 6 músicas e outras 2 errou com níveis de ruído mais altos. Falhou em 28 tentativas em 124 tentativas.

Compressor BZIP2

	BZIP2			
Noise	2	5	10	15
AC_DC-Thunderstruck	C	C	C	C
AC_DC-TNT	C	C	C	C
Artic_Monkeys-Arabella	C	C	C	C
Artic_Monkeys-Do I Wanna Know	C	C	C	C
Billie_Eilish-Billie_Bossa_Nova	E	E	E	E
Billie_Eilish-Happier_Than_Ever	C	C	C	C
Bruno Mars-Locked out of heaven	C	C	C	C
Bruno Mars- When I Was Your man	C	C	C	C
Coldplay - Fix You	C	C	C	C
Coldpaly - Viva La Vida	E	E	E	E
Foster The People - Imagination	E	E	E	E
Foster The People . Pumped Up Kicks	E	E	E	E
Manel Cruz - O navio dela	E	E	E	E
Muse - Time is Running Out	C	C	C	C
Muse - Uprising	C	C	C	C
Nirvana - Heart Shaped Box	C	C	C	C
Nirvana - Smells Like Teen Spirit	C	C	C	C
Red Hot Chilli Peppers - Californication	C	C	C	C
Red Hot Chili Peppers - Otherwise	C	C	C	C
Russ - Losin Control	C	C	C	C
Stereossauro - Saia	C	C	C	C
Talking Heads - Once in a Livetime	C	C	C	C
Talking Heads - Psycho Killer	E	E	E	E
The Cure - Boys Ddont Cry	E	E	E	E
The Neighbourhood - Sweateer Weather	C	C	C	C
The Strokes - Reptilia	C	C	C	C
The Strokes - The adults are talking	C	C	C	C
The Weeknd - Earned It	C	C	C	C
The Weeknd - Save your tears	C	C	C	C
Two door cinema club - Something good	C	C	C	E
Two door cinema club - What you know	C	E	E	E

Errou totalmente em 7 músicas, e errou outras 2 em níveis de ruído mais altos.
Falhou em 32 tentativas em 124 tentativas.

Compressor LZMA

Noise	LZMA			
	2	5	10	15
AC_DC-Thunderstruck	C	C	C	C
AC_DC-TNT	C	C	C	C
Artic_Monkeys-Arabella	C	C	C	C
Artic_Monkeys-Do I Wanna Know	C	C	C	C
Billie_Eilish-Billie_Bossa_Nova	C	C	C	C
Billie_Eilish-Happier_Than_Ever	C	C	C	C
Bruno Mars-Locked out of heaven	C	C	C	C
Bruno Mars- When I Was Your man	C	C	C	C
Coldplay - Fix You	C	C	C	C
Coldpaly - Viva La Vida	C	E	E	E
Foster The People - Imagination	E	E	E	E
Foster The People . Pumped Up Kicks	E	E	E	E
Manel Cruz - O navio dela	C	C	C	C
Muse - Time is Running Out	C	C	C	C
Muse - Uprising	C	C	C	C
Nirvana - Heart Shaped Box	C	C	C	C
Nirvana - Smells Like Teen Spirit	C	C	C	C
Red Hot Chilli Peppers - Californication	C	C	C	C
Red Hot Chili Peppers - Otherwise	C	C	C	C
Russ - Losin Control	C	C	C	C
Stereossauro - Saia	C	C	C	C
Talking Heads - Once in a Livetime	C	C	C	C
Talking Heads - Psycho Killer	E	E	E	C
The Cure - Boys Ddont Cry	C	C	C	E
The Neighbourhood - Sweateer Weather	C	C	C	C
The Strokes - Reptilia	C	C	C	C
The Strokes - The adults are talking	C	C	C	C
The Weeknd - Earned It	C	C	C	C
The Weeknd - Save your tears	C	C	C	C
Two door cinema club - Something good	C	C	C	C
Two door cinema club - What you know	C	C	C	C

Errou totalmente em 2 das 31 músicas, e também falou em outras 3, onde por vezes nos valores de ruído mais altos, e outras em valores de ruídos mais baixos. Falhou em 11 tentativas em 124 tentativas.

Compressor LZ4

	LZ4			
Noise	2	5	10	15
AC_DC-Thunderstruck	C	C	C	C
AC_DC-TNT	C	C	C	C
Artic_Monkeys-Arabella	C	C	C	C
Artic_Monkeys-Do I Wanna Know	C	C	C	C
Billie_Eilish-Billie_Bossa_Nova	C	E	E	E
Billie_Eilish-Happier_Than_Ever	C	C	C	C
Bruno Mars-Locked out of heaven	C	C	C	C
Bruno Mars- When I Was Your man	C	C	C	C
Coldplay - Fix You	C	C	C	C
Coldpaly - Viva La Vida	E	E	E	E
Foster The People - Imagination	E	E	E	E
Foster The People . Pumped Up Kicks	E	C	E	E
Manel Cruz - O navio dela	C	E	E	C
Muse - Time is Running Out	C	C	C	C
Muse - Uprising	C	C	C	C
Nirvana - Heart Shaped Box	C	C	C	C
Nirvana - Smells Like Teen Spirit	C	C	C	C
Red Hot Chilli Peppers - Californication	C	C	C	C
Red Hot Chili Peppers - Otherwise	C	C	C	C
Russ - Losin Control	C	C	C	C
Stereossauro - Saia	C	C	C	C
Talking Heads - Once in a Livetime	C	C	E	E
Talking Heads - Psycho Killer	E	E	E	E
The Cure - Boys Ddont Cry	E	E	E	E
The Neighbourhood - Sweateer Weather	C	C	C	C
The Strokes - Reptilia	C	C	C	C
The Strokes - The adults are talking	C	C	C	C
The Weeknd - Earned It	C	C	C	C
The Weeknd - Save your tears	C	C	C	C
Two door cinema club - Something good	C	C	C	C
Two door cinema club - What you know	E	E	E	E

O programa falhou totalmente em 5 músicas, falhou em alguns níveis de ruído em 4 músicas. Falhou em 30 tentativas em 124 tentativas.

Nestas comparações, consegue-se verificar que o compressor LZMA foi relativamente melhor comparando as tentativas falhadas dos outros, apenas teve 11 tentativas erradas.

5. Conclusão

Com este projeto, foi possível entender o funcionamento de detecção de música através de vários motores de compressão.

Com a adição de ruído nas músicas, achei que o programa desenvolvido não iria conseguir determinar a música, pois o ruído ao ouvido humano tornava-se incomodativo e quase impossível de determinar a respetiva música, mas com os teste foi possível contrariar o meu pensamento.

Com os testes realizados, foi possível verificar que com o apoio da função Normalized Compression Distance, que a função consegue retornar resultados relativamente bons.

6. Trabalhos Futuros

Para trabalhos futuros, seria interessante criar conexões com aplicações de músicas, onde fosse possível gerar uma base de dados bastante superior à atual, e como resultado da detecção da música fosse possível dar seguimento à localização da música em grandes plataformas, tais como o Youtube, Spotify, SoundCloud, Apple Music, entre muitas outras.

Também seria interessante, encontrar a música a partir da letra, o utilizador introduzia excertos de músicas e poderia também identificar o estilo musical, e o programa retornava as músicas mais associadas à letra.

6. Webgrafia

[\[1\] MP3 Cutter](#)

[\[2\] x2download.com](#)

[\[3\] Sox](#)