

Projeto 2 | Rusting Images

Eduardo Lemos

23/06/2024

Contents

1	C1	2
2	C2	2
3	CIMap	3
3.1	Comparação com JPEG	4
4	CIMap2	6
5	Melhorias	7
O projeto foi desenvolvido na linguagem Rust, com o package manager cargo. Todos os exemplos descritos utilizaram a imagem <code>./assets/kodim03.png</code> como base.		



1 C1

O codec C1 apenas binariza imagem detectando qual valor, em escala de cinza, o pixel mais se aproxima. Caso esteja mais próximo de 255 do que de 0, o pixel se torna branco e vice-versa.

Na linha de comando:

```
[user@nixos:/rusting-images]$ cargo run -- c1 ./assets/kodim03.png
Loading image...
Image loaded!
Applying C1 codec...
Calculated Average PSNR: 8.27 dB
Saving image...
```



Em teoria, a taxa *bpp* do codec C1 é 1 bit por pixel. Porém, como cada pixel da imagem gerada está em RGB, a taxa sobe para 24 bits por pixel.

2 C2

O codec C2 aplica a estratégia de Dithering na em uma imagem em escala de cinza. A partir de uma máscara para o Dithering, a imagem é percorrida e é calculado a diferença entre o pixel original da imagem (em escala de cinza) e o novo pixel (que no nosso caso é obtido a partir da estratégia de limiar descrita em C1). Essa diferença, ou erro, é propagada para os pixels vizinhos utilizando-se da máscara provida. Em caso padrão, essa máscara será a de Floyd-Steinberg. O codec C2 binariza a imagem final obtida utilizando a mesma estratégia descrita em C1, obtendo-se uma imagem com apenas pixels pretos ou brancos.

Na linha de comando:

```
[user@nixos:/rusting-images]$ cargo run -- c2 ./assets/kodim03.png
Loading image...
Image loaded!
Applying C2 codec...
Calculated Average PSNR: 6.44 dB
Saving image...
```



Nota-se que o valor PSNR calculado é menor que o encontrado no codec C1. Isso é esperado pois o processo de Dithering **propositalmente** inclui extra ruído para obter uma imagem com melhor visual subjetivamente.

Em teoria, a taxa *bpp* do codec C2, assim como C1, é 1 bit por pixel. Porém, como cada pixel da imagem gerada está em RGB, a taxa sobe para 24 bits por pixel.

3 CImap

O codec CImap utiliza quantização vetorial para diminuir a palheta de cores da imagem utilizando-se o algoritmo LBG. O processo começa com a escolha de um codebook inicial a partir dos pixels iniciais da imagem. Em seguida, inicia-se o processo de *clustering*, isto é, o cálculo iterativo para o encontro dos melhores *centroides* para uma dada imagem.

Esse processo se baseia em alcançar convergência entre o conjunto de centroides atuais e melhores candidatos. Cada pixel será mais próximo de um dos centroides disponíveis e um novo centroide é encontrado após todos os pixels serem mapeados com qual centroide atual eles estão mais próximos. Quando esse processo convergir, os centroides finais serão a palheta de cores que utilizaremos para pintar a imagem final.

Na linha de comando (para 16 cores):

```
[user@nixos:/rusting-images]$ cargo run -- ci-map ./assets/kodim03.png 16
Loading image...
Image loaded!
Applying CImap codec...
Calculated Average PSNR: 22.66 dB
Saving image...
```

3.1 Comparação com JPEG

Devemos comparar os valores PSNR com os valores de bits por pixel ou *bpp* do nosso codificador com um codificador JPEG de tamanho teórico aproximado. Em teoria, o valor *bpp* que cada quantizador vetorial com um codebook de C centroides com tamanho $N * M$ deve gerar segue a seguinte fórmula:

$$\begin{aligned} \text{codebookSize} &= 24\text{bits} * C \\ \text{bpp} &= \frac{NM \log_2 C + \text{codebookSize}}{NM} \\ \text{bpp} &= \frac{NM \log_2 C + 24C}{NM} \approx \log_2 C \end{aligned}$$

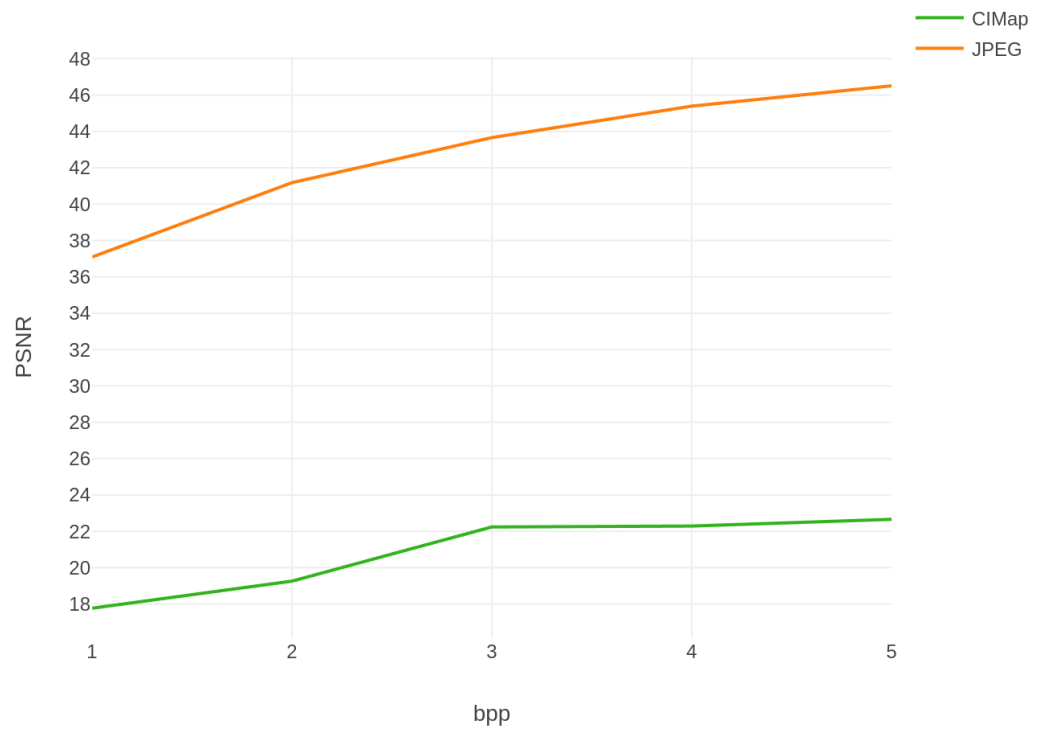
Destaca-se que para o codificador JPEG a taxa *bpp* sempre será de 24 bits por pixel, porém será codificado a imagem em JPEG assumindo o tamanho teórico estabelecido pela fórmula acima (valores aproximados usando a ferramenta GIMP). A seguinte fórmula determina qual deve ser o tamanho aproximado para o JPEG em bytes:

$$JPEG = NM \log_2 C$$

O cálculo da PSNR para quaisquer imagens pode ser obtido pela linha de comando:

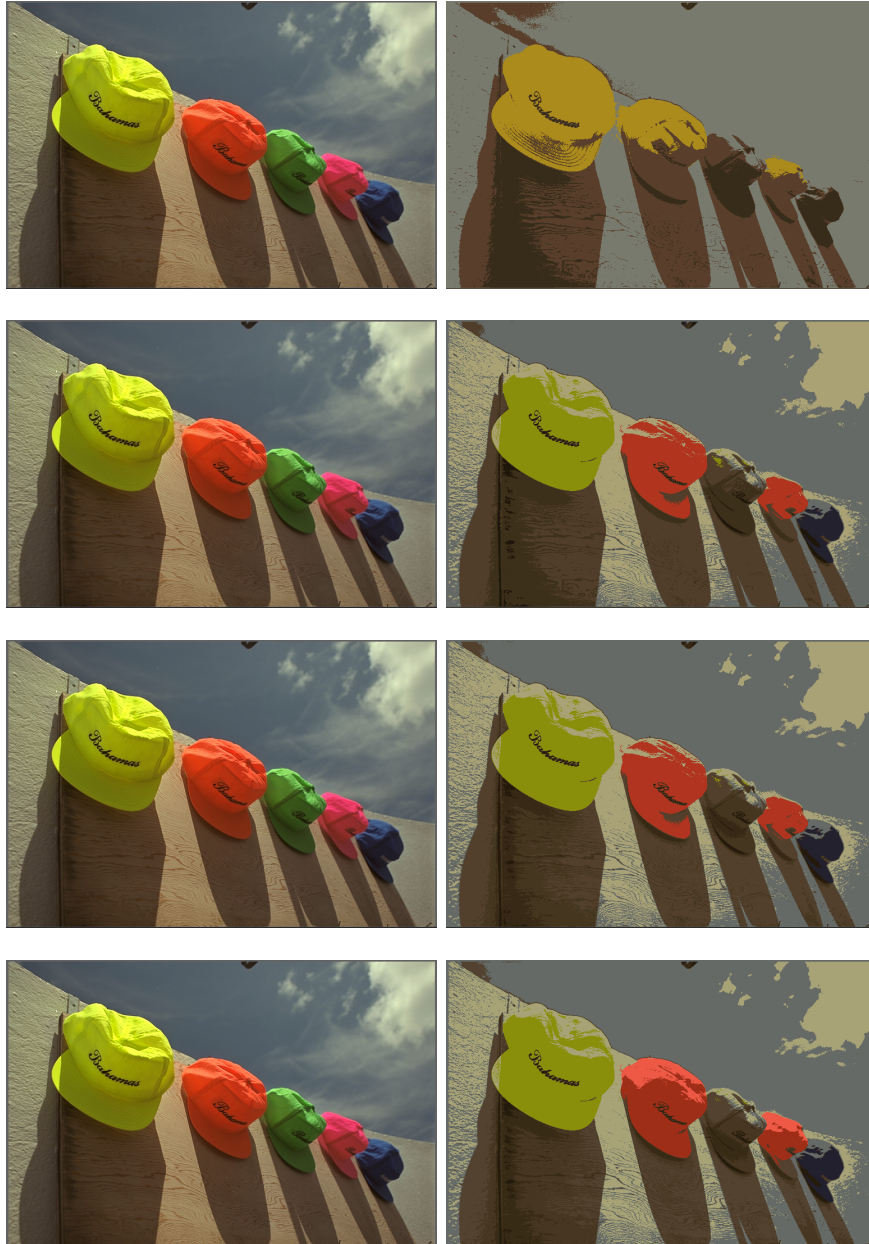
```
[user@nixos:/rusting-images]$ cargo run -- psnr kodim03.png kodim03_32.jpg
Loading image...
Image loaded!
Loading image...
Image loaded!
Calculated Average PSNR: 46.51 dB
```

Finalmente, o gráfico a seguir compara os dois codificadores:



A seguir os pares de imagem com o JPEG e CIMA para (aproximadamente) o mesmo valor bpp:





4 CIMap2

O codec CIMap2 é uma união dos codecs C2 e CIMap, isto é, devemos aplicar a estratégia de dithering em uma imagem colorida que tenha sido quantizada

pela quantização vetorial. Isso foi feito da seguinte forma: quantiza-se a imagem e para cada canal da imagem, e.g., R, G, B, aplicou-se o dithering de Floyd-Steinberg. A imagem final será composta dos 3 canais unidos após suas transformações individuais.

Na linha de comando (para 16 cores):

```
[user@nixos:/rusting-images]$ cargo run -- ci-map ./assets/kodim03.png 16
Loading image...
Image loaded!
Applying CMap2 codec...
Calculated Average PSNR: 6.75 dB
Saving image...
```



Nota-se que, assim como no codec C2 em relação a C1, o valor PSNR calculado é menor que o encontrado no codec CMap. Isso é esperado pois o processo de Dithering **propositalmente** inclui extra ruído para obter uma imagem com melhor visual subjetivamente.

5 Melhorias

A principal melhoria que poderia ser implementada seria o uso de concorrência em codecs como CMap para acelerar sua execução.