Equalizzazione Istogramma

Implementazione e risultati in modalità parallela con CUDA e OpenMP

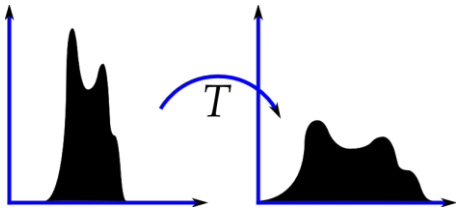
Alessandro Lemmo

Firenze 22 giugno 2020

Introduzione

Cos'è l'equalizzazione

- L'equalizzazione dell'istogramma è un metodo per migliorare la qualità di un immagine con un esposizione non ottimale ovvero dove sfondo e primo piano sono entrambi troppo chiari o troppo scuri.
- Un istogramma rappresenta in modo grafico la distribuzione tonale di un'immagine. In pratica, traccia il numero di pixel presenti per ogni singolo valore tonale.
- L'equalizzazione consiste nel ridistribuire tale grafico su un range più ampio



- In base alla tipologia di immagine si usano tecniche di equalizzazione leggermente diverse.

Introduzione

Aspetti teorici

- Per un immagine in scala di grigi la formula da applicare è la seguente:

$$h(v) = round\left(\frac{cdf(v) - cdf_{min}}{(M \times N) - cdf_{min}} \times (L-1)\right)$$

- Per un immagine a colori RGB si hanno due possibilità
  - Applicare la formula sopra a tutti e tre i canali separatamente
  - Convertire l'immagine in YCbCr e applicare la formula solo alla luminanza Y

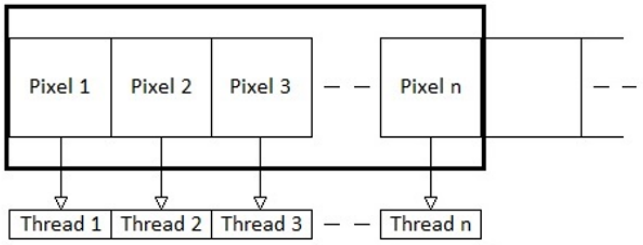
$$\begin{cases} Y = R * 0.299000 + G * 0.587000 + B * 0.114000 \\ Cb = R * -0.168736 + G * -0.331264 + B * 0.5 + 128 \\ Cr = R * 0.5 + G * -0.418688 + B * -0.081312 + 128 \end{cases}$$

$$\begin{cases} R = Y + 1.4075 * (V - 128) \\ G = Y - 0.3455 * (U - 128) - (0.7169 * (V - 128)) \\ B = Y + 1.7790 * (U - 128) \end{cases}$$

Implementazione CUDA

Primo kernel

- Il lavoro è stato suddiviso in tre fasi:
  - Conversione RGB → YCbCr
  - Equalizzazione canale Y
  - Riconversione YCbCr → RGB
- Si implementano tre kernel, uno per fase, in modo da parallelizzare le tre operazioni
- Nella prima fase ogni thread lavora sul singolo pixel in accordo con il seguente schema




```
01. int idx = blockIdx .x * blockDim .x + threadIdx .x;
02.
03. for ( int i = idx ; i < width * height ; i += blockDim .x * gridDim .x)
04.     index = i * 3;
05.     int r = ptr image [ index + 0];
06.     int g = ptr image [ index + 1];
07.     int b = ptr image [ index + 2];
08.
09.     // conversion to YCbCr
10.     int Y = ...
11.     int Cb = ...
12.     int Cr = ...
13.
14.     ptr image [index + 0] = Y;
15.     ptr image [index + 1] = Cb;
16.     ptr image [index + 2] = Cr;
17.
18.     // Update the histogram of Y channel
19.     histogram[Y] += 1
```

Implementazione CUDA

Secondo e terzo kernel

- Il secondo kernel si occupa dell'equalizzazione del canale Y prendendo in input la funzione di distribuzione cumulativa

```
01.  int idx = blockIdx .x * blockDim .x + threadIdx .x;
02.
03.  for ( int i = idx ; i < 256; i += blockDim .x * gridDim .x)
04.
05.      eq histogram [ i ] = ( cdf [ i ] - cdf [0] / ( width * height - 1)) * 255;
```

- La cdf (Cumulative Distribution Function) è calcolata a partire dall'istogramma sommando in modo cumulativo il numero di pixel presenti per ogni valore tonale.

- Il terzo kernel effettua la riconversione in modo analogo a quanto fatto nel primo kernel

Implementazione OpenMP

Conversione canali

- Logica di funzionamento analoga quella dell'implementazione CUDA
  - Tre fasi parallelizzate tramite funzionalità OpenMP
- La clausola default con la condizione shared specifica che tutte le variabili nel blocco seguente saranno condivise
- La clausola schedule specifica come le iterazioni del ciclo sono suddivise tra i thread
  - Specificando la condizione static le iterazioni vengono suddivise in blocchi di dimensioni uguali, con un blocco per ogni thread

```
01. #pragma omp parallel default(shared)
02.     #pragma omp for schedule(static)
03.
04.         for each rows i in the image
05.             for each cols j in the image
06.                 int R = image(i,j).R
07.                 int G = image(i,j).G
08.                 int B = image(i,j).B
09.
10.                 // conversion to YCbCr
11.                 ...
12.
13.                 histogram [Y]++
14.
15.                 image(i,j).R = Y
16.                 image(i,j).G = Cb
17.                 image(i,j).B = Cr
```

Implementazione OpenMP

Equalizzazione istogramma e riconversione

- Il secondo blocco parallelizzato è quello relativo all'equalizzazione del canale Y
- Equalizzazione effettuata tramite la funzione di distribuzione cumulativa

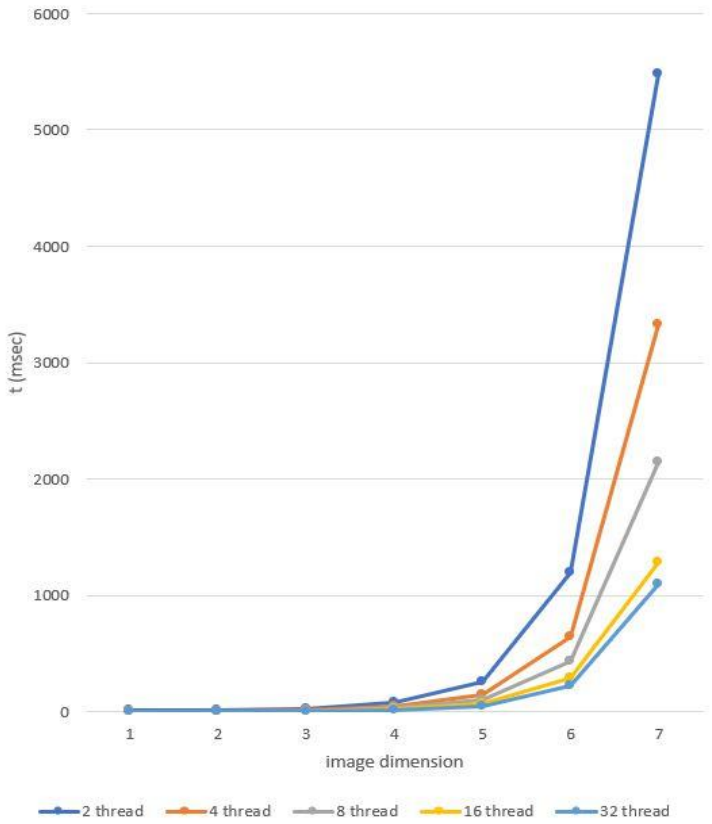
```
01.  #pragma omp parallel for
02.
03.      for( int i = 1; i < 256; i ++)
04.
05.          eq_histogram[i] = ((cdf[i] - cdf[0]) / (cols * rows - 1) * 255)
```

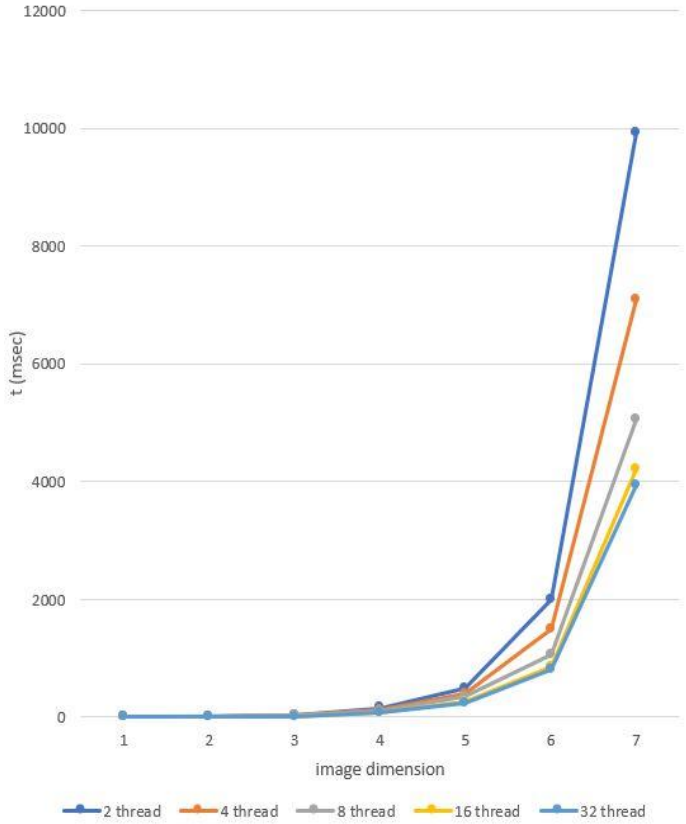
- Il terzo blocco di riconversione in RGB è analogo al primo

Risultati

Variazione numero di thread

- Confronto tra i tempi delle due versioni al variare del numero di thread (OpenMP sx, CUDA dx)



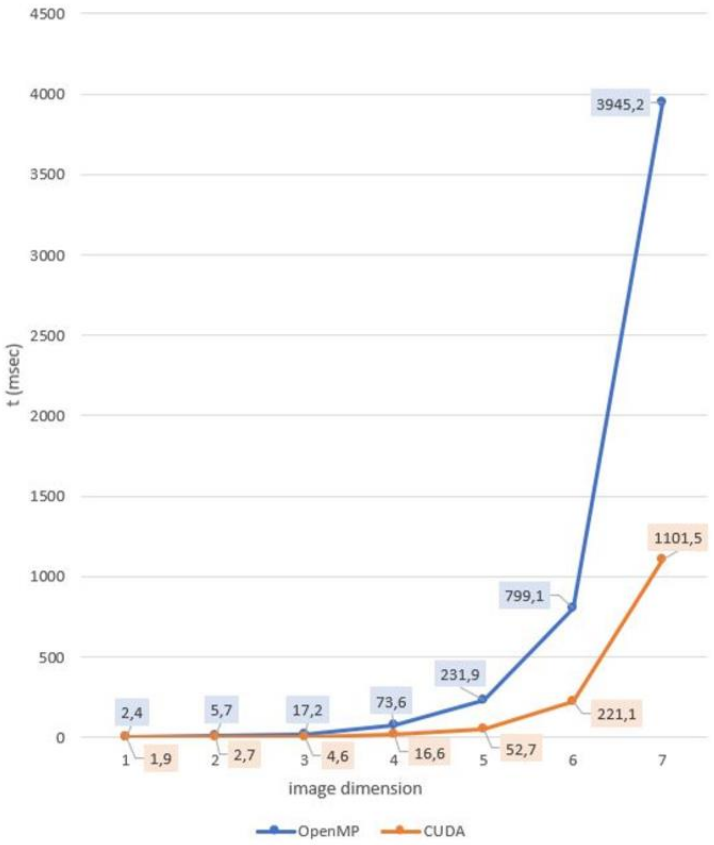


Risultati

Variazione dimensione immagine

- Confronto tra i tempi delle due versioni al variare delle dimensioni dell'immagine equalizzata

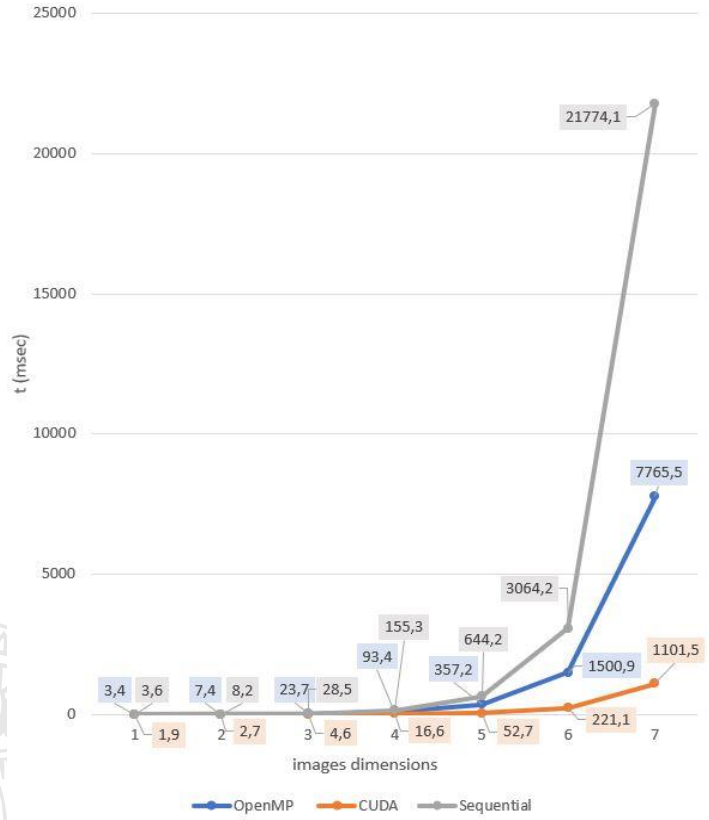
Image Dimension	OpenMP (msec)	CUDA (msec)
309 x 201	2.4	1.9
497 x 302	5.7	2.7
900 x 599	17.2	4.6
2000 x 1499	73.6	16.6
4000 x 2670	231.9	52.7
8000 x 6000	799.1	221.1
25816 x 8935	3945.2	1101,5



Risultati SpeedUp

- Realizzata una versione sequenziale per confrontare lo SpeedUp delle due versioni calcolato con la seguente formula

$$S_p = \frac{T_s}{T_p}$$



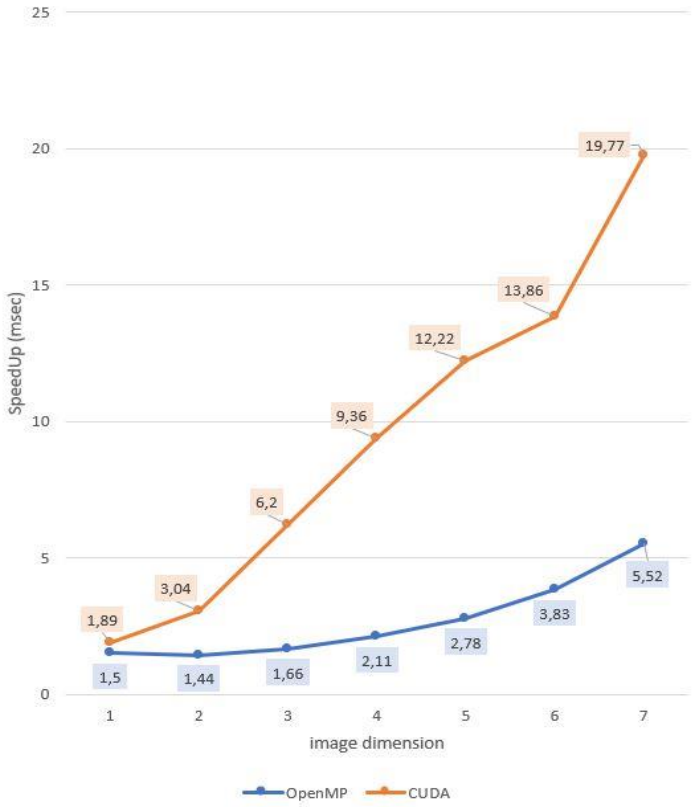


Image Dimension	SpeedUp OpenMP (msec)	SpeedUp CUDA (msec)
309 x 201	1.06	1.89
497 x 302	1.11	3.04
900 x 599	1.2	6.2
2000 x 1499	1.66	9.36
4000 x 2670	1.8	12.22
8000 x 6000	2.04	13.86
25816 x 8935	2.8	19.77

Esempi

- Risultati ottenuti con un immagine sovraesposta e con una sottoesposta