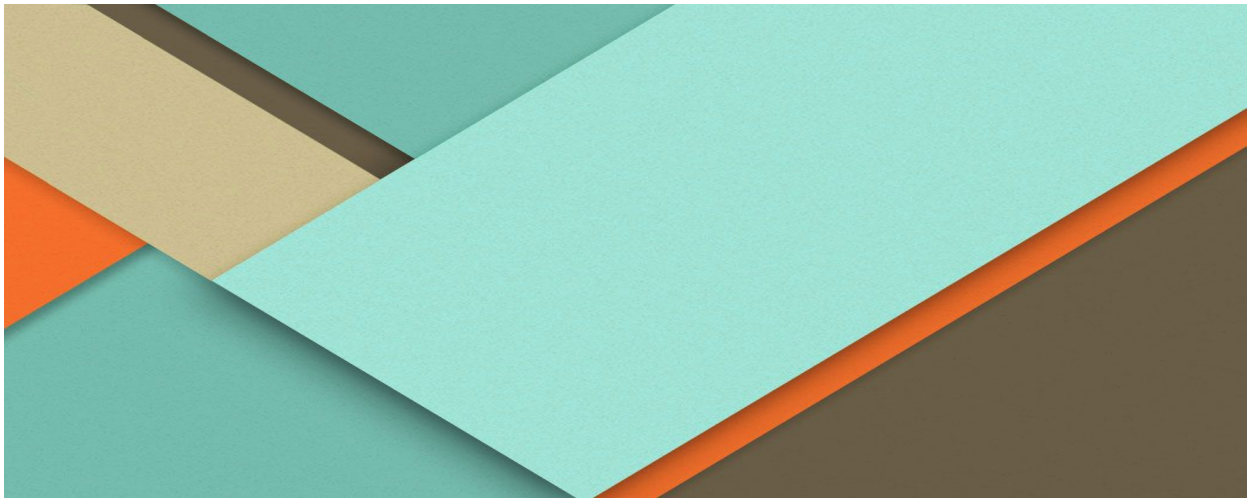


Проект по Системи за Паралелна Обработка на тема Изобразяване на фрактал

Хакан Сунай Халил, Компютърни науки,
3ти курс, 2ра група,
ФН: 81406

Софийски университет "Св. Климент Охридски"
Факултет по математика и информатика

Проверил: .....
/ас. Христо Христов/

Цел

Целта на този проект е да визуализира множеството на Манделброт, определено от следната формула:

$$F(Z) = C * \cos(Z)$$

Програмата трябва да използва паралелни процеси (нишки) за да разпредели работата по търсенето на точките от множеството на Манделброт на повече от един процесор. Език за програмиране: **GoLang**.

Изисквания

- Генериране на изображение в png формат, показващо намереното множество;
- Команден параметър, който задава големината на генерираното изображение, като широчина и височина в брой пиксели във вида:
  -s 640x480
  При невъведен параметър,,програмата подразбира -
  width 640px и height 480px;
- Команден параметър, който да задава частта от комплексната равнина, в която ще търсим визуализация на множеството на Манделброт в следния вид:
  -r -2.0:2.0:-1.0:1.0
  Стойността на параметъра се интерпретира както следва:
  $a \in [-2.0,2.0], b \in [-1.0,1.0]$. При невъведен параметър програмата приема че е зададена стойност по подразбиране: -2.0:2.0:-1.0:1.0.
- Команден параметър, който задава максималния брой нишки (паралелни процеси), на които разделяме работата по генерирането на изображението:
  -t 3
  При невъведен параметър програмата подразбира 1 нишка;
- Команден параметър указващ името на генерираното изображение:
  -o zad18.png
  При невъведен параметър програмата подразбира zad18.png.

Допълнителни екстри

- Команден параметър регулиращ “сложността” на фрактала, т.е абсолютната стойност , която не трябва да се надвиши, за да се остане в множеството на Манделброт.
  -c 3 (default 8)
- Команден параметър указващ максималният брой итерация на точка за принадлежност в множеството на Манделброт
  -i 100 (default 50)

Алгоритъм

1. Манделброт алгоритъм

Програмата използва всеизвестния алгоритъм за намиране на множеството на Манделброт. Той може да се опише по следния начин:

1. Взима се нова точка от комплексната равнина := **num**.
2. Използвайки тази точка се смята $\mathbf{Z_n} = \cos(\mathbf{Z_{n-1}}) * \mathbf{num}$, като се има предвид, че $\mathbf{Z_0} = 0 + 0i = \mathbf{0}$
3. Този изчислителен процес продължава, докато се достигнат максималния брой итерации (указан от параметър) или абсолютната стойност на някое Z_i надвиши параметъра за сложност, в такъв случай казваме, че точката не принадлежи на множеството.
   ! За целите на проекта, пазим броя на извършените итерации, тъй като с тяхна помощ прецизно визуализираме множеството на Манделброт.
4. Обратно към стъпка 1.

```
func (c *Converter) mandelbrot(num complex128) uint8 {
      currentIterations := uint8(0)
      for z := num; cmplx.Abs(z) <= c.Complexity && currentIterations < 
c.MaxIterations; currentIterations++ {
            z = cmplx.Cos(z) * num
      }
      return currentIterations
}
```

Тъй като разполагаме само с размерите на изображението, което трябва да генерираме, преобразуваме пикселите на изображението в точки от комплексната равнина. Имайки предвид, че всеки пиксел се определя еднозначно от две стойности: широчина и височина, транслираме пикселите използвайки входните параметри с долния алгоритъм.

```
func (c *Converter) pixelToComplex(x, y int) complex128 {
    return
complex(c.RealMin+(float64(x)/float64(c.Width))*(c.RealMax-c.RealMin),
       c.ImagMin+(float64(y)/float64(c.Height))*(c.ImagMax-c.ImagMin))
}
```

2. Паралелен алгоритъм

Идеята на алгоритъма е следната: (*Горутина === Зелена Нишка*)

- В зависимост от параметъра за широчина, се създава **буфериран канал** за комуникация между горутини с размер **WIDTH**.
    - Каналът е вграден тип в GoLang, който се използва за комуникация между различни горутини и най-интересното е, че може да се използва и за синхронизация. Изпращането и получаването може да блокират докато някой "отсреща" не извърши "противоположната" операция.
    - Каналът може да бъде използван във for цикли, итерацията блокира докато някой “отсреща” не изпрати нещо по канала, а когато това се случи, се работи със получената стойност.
- Main горутината пуска **N-1** на брой нови горутини, които изпълняват функцията **calculateColumn**, която от своя страна започва да цикли канала.
- Main горутината започва да пълни канала с числата от 0 до **WIDTH-1.**
- Новите горутини започват да получават стойности по канала на всяка итерация.
- Всяка горутина изчислява цяла колона за една итерация и след това чете номера на новата колона за изчисляване от канала.
- По този начин картината се разделя на **WIDTH** на брой колони / стълбове, които се изчисляват едновременно от **N-1** на брой горутини, а същевременно Main горутината чака тяхното приключване използвайки WaitGroup.
- Изчисленията на горутините се базират на попълване масив, който указва броят итерации за всеки пиксел на картината, а итерациите се изчисляват с алгоритмите споменати в 1. Манделброт алгоритъм.

Main

```
c := make(chan int, width)
var w sync.WaitGroup

start := time.Now()

for n := 0; n < workers; n++ {
   w.Add(1)
   go calculateColumn(&w, &c, height, converter, pixels)
}

for i := 0; i < width; i++ {
   c <- i
}

close(c)
w.Wait()
```

Worker

```
func calculateColumn(w *sync.WaitGroup, c *chan int, height int, converter
*Converter, pixels [][]color.NRGBA) {
    for x := range *c {
       for y := 0; y < height; y++ {
             complexNumber := converter.pixelToComplex(x, y)
             if iterations := converter.mandelbrot(complexNumber);
iterations < converter.MaxIterations {
                   pixels[x][y] = color.NRGBA{iterations * 255, iterations
* 50, iterations * 20, 255}
             } else {
                   pixels[x][y] = color.NRGBA{0, 0, 0, 255}
             }
       }
    }
    w.Done()
}
```

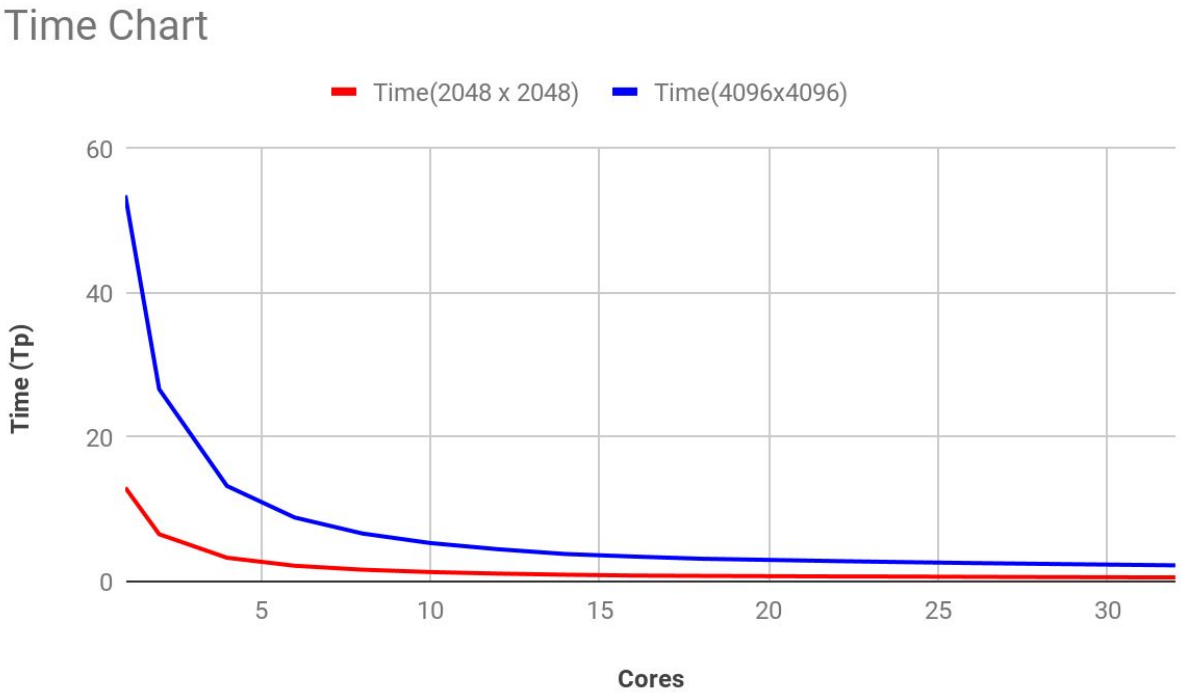
Резултати

Ще покажем и сравним две различни изпълнения на програмата със следните размери за **Width** x **Height** *(и параметрите по подразбиране)* на 1 ... 32 ядра:

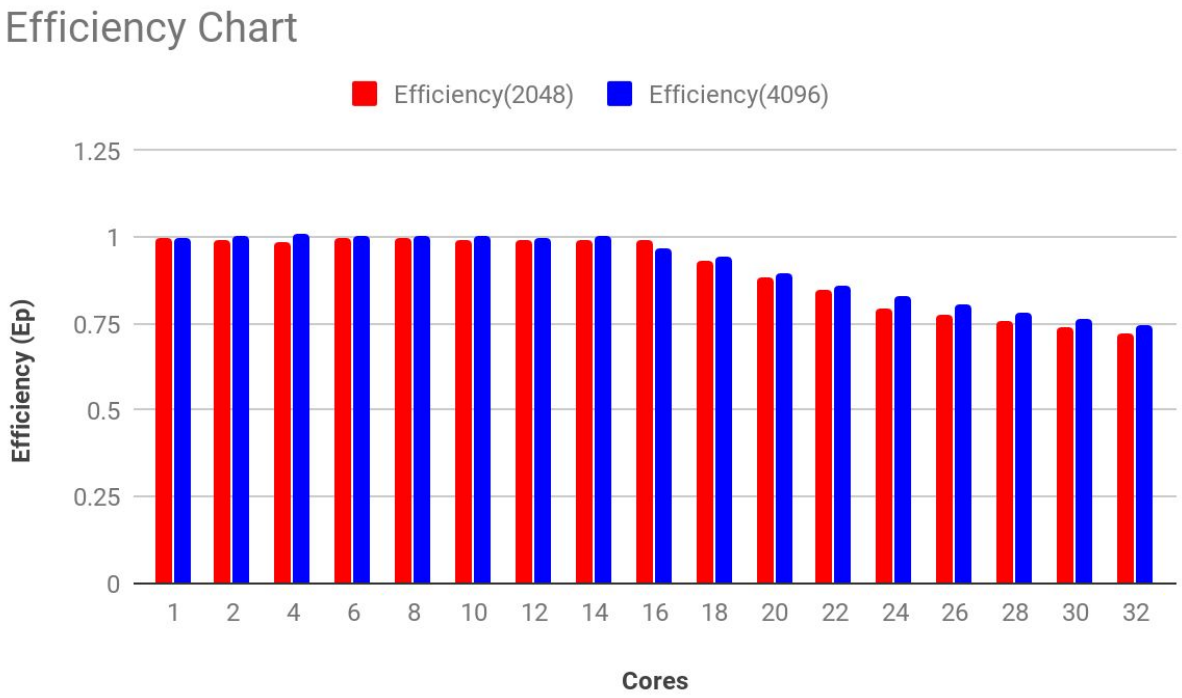
1. **2048** x **2048**
2. **4096** x **4096**

Cores	Time(2048x2048)	Speedup(2048)	Efficiency(2048)	Time(4096x4096)	Speedup(4096)	Efficiency(4096)
1	13.00012677	1	1	53.49606524	1	1
2	6.547454908	1.985524	0.9927618	26.64032828	2.008085812	1.004042906
4	3.290179727	3.95119	0.9877976	13.23491641	4.04204028	1.01051007
6	2.178843323	5.966527	0.9944211	8.865159239	6.034416731	1.005736122
8	1.634307742	7.954516	0.9943145	6.647784519	8.047202054	1.005900257
10	1.308399849	9.935897	0.9935897	5.328971791	10.03872179	1.003872179
12	1.092891055	11.89517	0.9912643	4.469509939	11.96911204	0.9974260035
14	0.936950409	13.87494	0.9910668	3.805298386	14.05831023	1.004165017
16	0.822074207	15.81381	0.9883632	3.456193561	15.47831864	0.9673949153
18	0.776222973	16.74793	0.9304405	3.151539024	16.97458443	0.9430324681
20	0.737524073	17.62672	0.8813358	2.98951668	17.89455319	0.8947276594
22	0.69968963	18.57985	0.8445385	2.825001679	18.93664901	0.860756773
24	0.682243625	19.05496	0.7939568	2.681465541	19.95030867	0.8312628613
26	0.645279365	20.14651	0.7748657	2.553662392	20.94876183	0.8057216087
28	0.612808719	21.214	0.757643	2.443689951	21.89151091	0.7818396755
30	0.586022807	22.18365	0.7394551	2.340974702	22.85204756	0.7617349188
32	0.561048159	23.17114	0.7240982	2.23689103	23.9153649	0.7473551533

Колоните **Time** показват времето за изпълнение в секунди на програмата при използване на **n** на брой процесорни ядра. $\mathbf{T_1 ... T_{32}}$
Колоните **Speedup** показват ускорението на нашата програма при използване на **n** на брой процесорни ядра. $\mathbf{S_p = T_1 / T_p}$
Колоните **Efficiency** показват ефективността на нашата програма при използване на **n** на брой процесорни ядра. $\mathbf{E_p = S_p / p}$



На тази графика със сив цвят и име Cores е изобразено **идеалното ускорение**.



Тези тестове са изпълнени на машина със следните параметри:

Architecture: **x86_64**
CPU(s): **32**
Model name: **Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2660 0 @ 2.20GHz**

Графичен резултат за размерност 2048x2048

2048.png
897,7 kB