

异构计算实验一 报告

3019244189 齐呈祥

实验内容

本次实验使用 CUDA 编程方法来计算 pi 的值，分别使用积分法和幂级数计算方法来计算 pi 的值，并通过 CUDA 修改 GPU 参数来测试性能，并同串行计算的性能比较计算加速比。

实验原理

1.基于 CUDA 的 GPU 计算 PI 值

i. 积分法

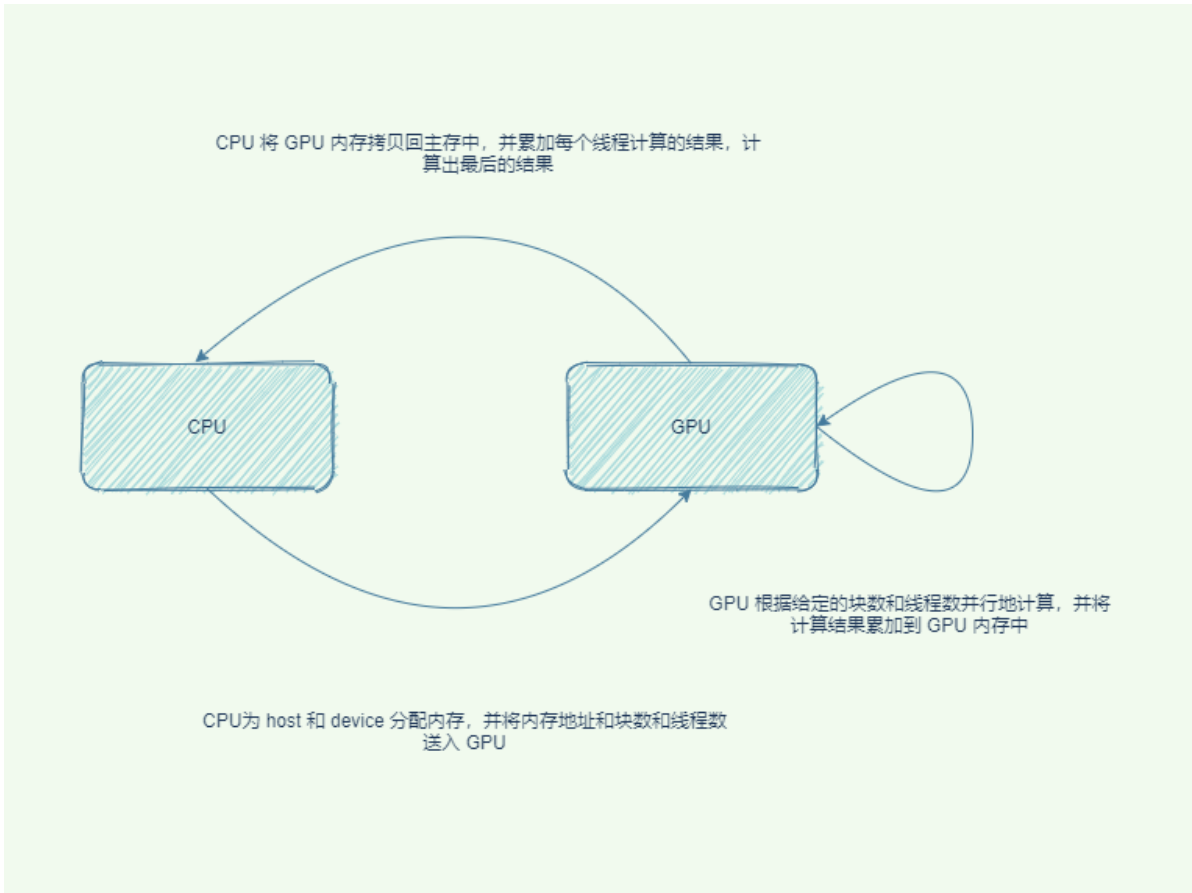
$$\text{计算公式: } \pi = \int_0^1 \frac{4}{1+x^2} dx \approx \sum_{0 \leq i \leq N} \frac{4}{1+(\frac{i+0.5}{N})^2} \times \frac{1}{N}$$

ii. 幂级数计算方法

$$\text{计算公式: } \pi = 4 \times \arctan(1) = 4 \times (1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \dots + \frac{(-1)^{n+1}}{2n-1} - \dots)$$

基于 CUDA 的 GPU 计算 PI 值的数学原理如上图所示。CUDA 编程能为我们提供使用 GPU 进行计算和编程的能力，极大地提高了计算的效率。

程序流程图



程序执行的流程图如上图所示。

具体来说，我们的程序首先为 CPU 和 GPU 分配内存，之后调用 GPU 函数并传入对应的参数并行计算，当 GPU 计算完成后，CPU 调用 cudaMemcpy API 将 GPU 内存拷贝回 CPU，CPU 在对计算后的结果进行累加并得到最终的结果。

程序结果及分析

首先编译我们使用 C 语言编写的串程序和使用 CUDA 编写的并程序

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ nvcc -o pi-1 pi-1.cu
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ nvcc -o pi-2 pi-2.cu
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ gcc -o pi-1-common pi-1-common.c
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ gcc -o pi-2-common pi-2-common.c
```

接下来我们执行使用积分法计算 pi 值得串程序的可执行文件以及使用 CUDA 编写的并程序的可执行文件，以此来比较我们程序运行的性能，在两个程序我们使用了相同的迭代次数参数，都为 $N = 32 * 256 * 100000$ ，在串程序中将作用域分为 N 份来进行串行处理，而在 CUDA 中则将其分为 32 个块，每个块 256 个线程，每个线程分别执行 100000 次浮点数计算。

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-1
花费时间: 2.063442s.
计算的 pi 值为: 3.1415926511
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-1-common
花费时间: 22.243802s.
计算的 pi 值为: 3.1415926511
```

从我们的实验结果来看，我们使用相同的参数计算出来的 pi 值的精度是相同的，然而执行时间上却拥有很大的差异，可以计算加速比得：

$$\text{加速比} = 22.24s / 2.06s = 10.80$$

可以看到，我们使用 CUDA 编程计算的加速比得效率已经超过了10，由此可见使用 CUDA 编程带来的性能提升是巨大的。

之后，我们尝试修改 GPU 的参数来体现修改 GPU 性能带来的改变：

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ nvcc -o pi-1 pi-1.cu
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-1
花费时间: 1.954851s.
计算的 pi 值为: 3.1415926487
```

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ nvcc -o pi-1 pi-1.cu
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-1
花费时间: 2.005848s.
计算的 pi 值为: 3.1415926511
```

以上分别使用 $64 * 256 * 50000$ 和 $128 * 256 * 25000$ 得到的结果，可以看出性能的提升并不大，这是由于 GPU 的计算很快，时间占比主要花费在分配内存和拷贝开销上。

接下来我们使用 幂级数计算方法来分别执行串程序和 CUDA 执行的程序，参数与上述相同：

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-2
花费时间: 1.987915s.
计算的 pi 值为: 3.1415926548
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-2-common
花费时间: 6.129433s.
计算的 pi 值为: 3.1415926524
```

$$\text{加速比} = 6.13s / 1.99s = 3.08$$

同样，我们修改参数可得：

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-2  
花费时间：1.970883s.  
计算的 pi 值为： 3.1415926548
```

```
[stu3019244189@hpcgpu lab-1]$ ./pi-2  
花费时间：1.975566s.  
计算的 pi 值为： 3.1415926548
```

性能也得到了一定程度的提升。

实验总结

在本次实验中，学习到了如何使用 CUDA 编写简单的并行程序，并将其与串行程序的性能进行比较，了解到了使用 CUDA 充分利用 GPU 性能能够大幅提升可并行化程序的性能。