异构计算实验指导

2021-2022 学年第一学期

指导老师：汤善江　孙超

实验指导：周忠钰、孟松

异构计算实验指导

2021-2022 学年第一学期

一、实验要求及评分标准

本课程实验目的为提升学生对异构计算的理解认识，培养学生编写 GPU 异构程序的能力，加深对 CUDA 和 OpenCL 异构并行编程的理解认识。

实验课程需要上交实验报告，报告评分标准如下：

实验	内容要求	评分比例	占总分比例
实验一	实验内容	10%	20%
	实验原理	10%	
	程序流程图	30%	
	实验结果及分析	40%	
	实验总结	10%	
实验二	实验内容	10%	40%
	实验原理	10%	
	程序流程图	30%	
	实验结果及分析	40%	
	实验总结	10%	
实验三	实验内容	10%	40%
	实验原理	10%	
	程序流程图	30%	
	实验结果及分析	40%	
	实验总结	10%	
	实验结果	30%	
	实验总结	10%	

其中，实验原理包括：**实验数学计算模型**和**实现方法**；实验结果及分析应包括：**实验结果数据**、**加速比曲线**和**实验结果分析**。前两次实验采用 CUDA 进行 GPU 编程，第三次实验的采用 OpenCL 编程。

二、实验环境介绍及使用方法

1. GPU 服务器远程登录及所需软件

i. 通过远程登录方式连接 GPU 服务器

- XShell 6
- SSH Secure Shell Client
- Putty
- FinalShell

实验环境不支持图形界面。

ii. 文件传输客户端软件

- Xftp 6
- Secure File Transfer Client
- WinSCP
- FinalShell

PS：除此之外，Linux 可以直接使用 OpenSSH 进行登录，Mac OS 也可以使用对应的 ssh 命令登录链接到集群。

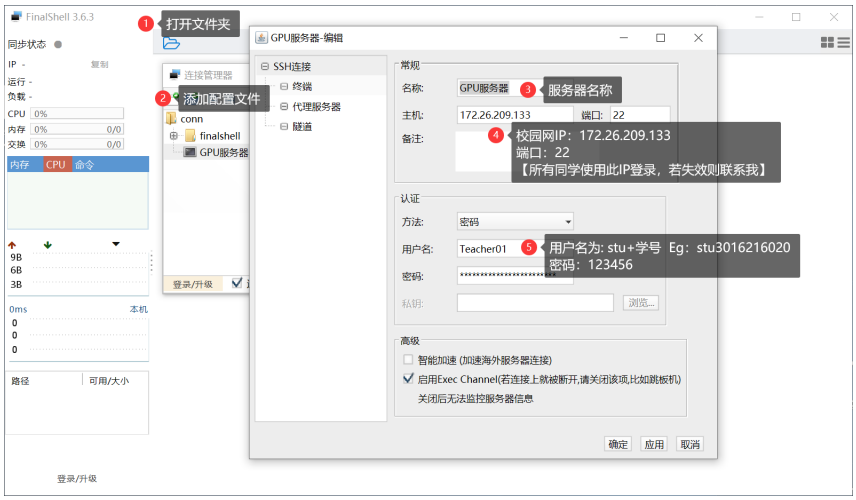
软件下载链接：XShell 6：https://www.netsarang.com/zh/xshell-download/

Xftp 6：https://www.netsarang.com/zh/xftp-download/

FinalShell：http://www.hostbuf.com/downloads/finalshell_install.exe

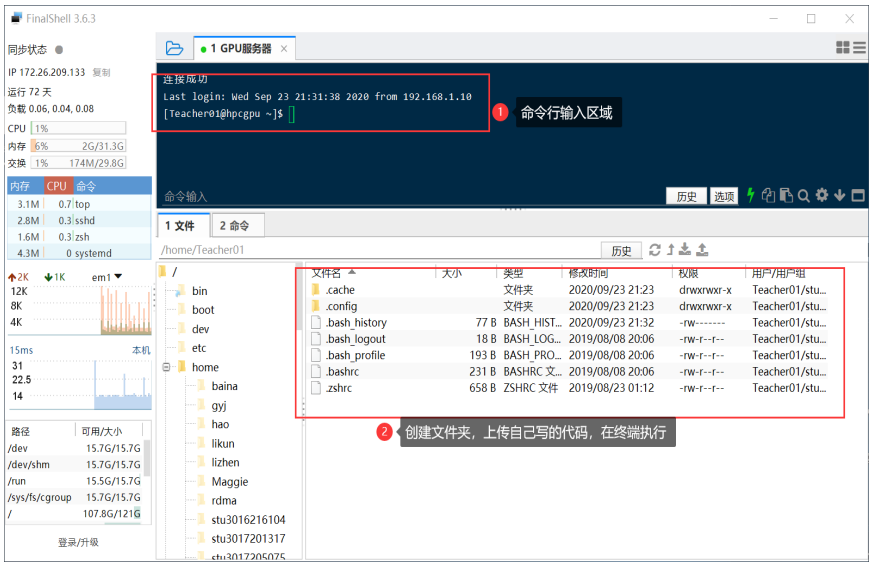
2. 登录 GPU 服务器

- 登录集群方式如图所示（以 FinalShell 为例）：

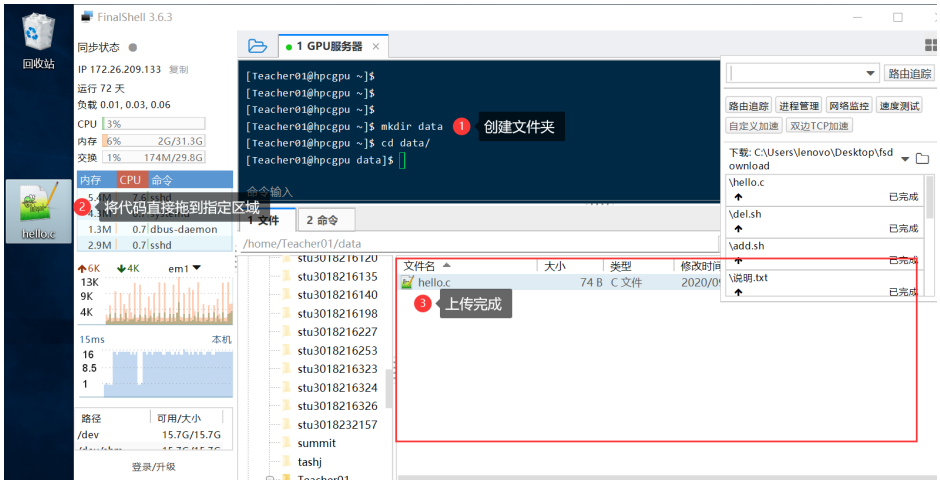


按照上图描述进行配置，其中用户名为（stu+学号），密码为 123456【登陆后务必修改个人密码，Eg： password stu3016216020】。

服务器 IP 地址为：172.26.17.240；端口号为：22。点击确定登录即可。



- 文件传输：



如图所示，直接将代码拖入指定区域，即可以交互方式实现本机与服务器之间的文件传输功能。

下载文件，直接右键指定文件下载即可。

3. 常用 Linux 命令

- ls：列出当前文件夹下文件。如：ls –al
- mkdir：新建文件夹。如：mkdir data
- cd：切换工作文件夹。如：cd data/
- pwd：查看当前文件夹绝对路径
- rm：删除文件或文件夹（需要加上 –r 参数）
- passwd：修改登录密码

- exit：退出登录

4. 实验环境

i. 操作系统

CentOS 7.6

ii. 编译环境

- GCC 4.8.5：gcc，g++等
- CUDA 10.1， NVCC 10.1

```
[Teacher01@hpcgpu chapter03]$ ./gpu
   --- General Information for device 0 ---
Name:  Tesla K40c
Compute capability:  3.5
Clock rate:  745000
Device copy overlap:  Enabled
Kernel execution timeout :  Disabled
   --- Memory Information for device 0 ---
Total global mem:  11996954624
Total constant Mem:  65536
Max mem pitch:  2147483647
Texture Alignment:  512
   --- MP Information for device 0 ---
Multiprocessor count:  15
Shared mem per mp:  49152
Registers per mp:  65536
Threads in warp:  32
Max threads per block:  1024
Max thread dimensions:  (1024, 1024, 64)
Max grid dimensions:  (2147483647, 65535, 65535)
```

① GPU环境：Tesla K40c

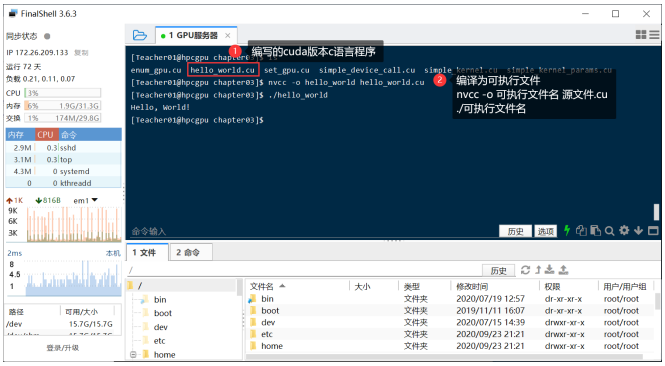
② GPU显存：12GB

③ 多处理数量：15

iii. 示例

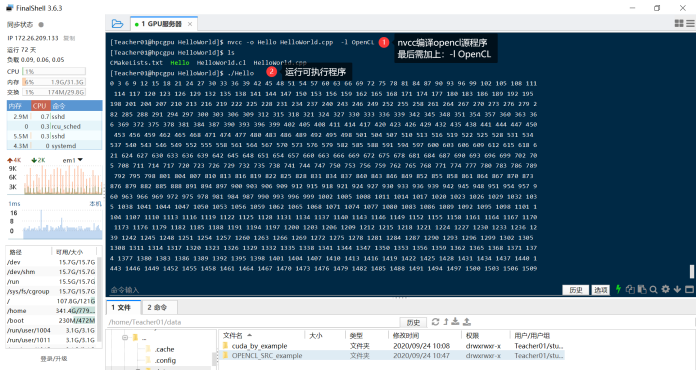
一、基于 CUDA 的编程执行方式：

nvcc -o hello hello.cu



二、基于 OpenCL 的编程执行方式：

nvcc -o hello HelloWorld.cpp -l OpenCL



三、实验题目

1.基于 CUDA 的 GPU 计算 PI 值

i. 积分法

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

ii. 幂级数计算方法

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

2. 基于 CUDA 的 GPU 实现矩阵的幂

对于一个 $m \times m$的方阵$\mathrm{A} = [a_{ij}]$，计算A的n次幂。

首先，生成一个$m \times m$的方阵$\mathrm{A} = [a_{ij}]$，保证每行每列元素之和满足(0,1])

i. 暴力算法

n个矩阵相乘

ii. 高效算法

利用矩阵乘法的结合律

3. 基于 OpenCL 实现矩阵的幂

用 OpenCL 编程模型实现矩阵A的n次幂。

要求实现暴力算法和高效算法，同时对比分析一下相同 OpenCL 程序分别运行在纯多核 CPU 环境下以及异构 GPU 环境下的性能。