基于 GPU 的碰撞检测实验报告

程序运行环境及编程环境

操作系统: Windows10
CPU: Intel Core i7-7500U 2.70GHz 双核 4 逻辑处理器
GPU: NVIDIA GeForce 940MX
编程环境: Visual Studio2019 CUDA 10.1 Runtime Project
使用 GLUT opengl 库
Release x64 模式

各个程序模块之间的逻辑关系

头文件:
sphere.cuh 定义了小球数据结构
util_vectors.cuh 定义了 Vec3f 数据结构
源文件 glcuda.cu:
main 函数：程序入口，完成 opengl 初始化，建立窗口。main 函数调用 initScene 函数完成小球的初始化和共享内存的分配，每帧调用 myDisplay 绘制动画。
myDisplay 函数：每一帧的碰撞检测和绘制
myDisplay 函数调用 sphereGridIndex 核函数完成空间划分，调用 sphereGridCollision 核函数完成碰撞检测，调用 sphereMove 核函数完成小球移动。最后调用 drawSphere 函数绘制所有小球。

程序运行的主要流程

程序运行开始首先进行内存分配，建立窗口等初始化工作。同时为每个小球设置随机的速度，大小，质量等指标。

在程序运行的每一帧，程序首先进行共享内存的同步，然后调用 sphereGridIndex, sphereGridCollision, sphereMove 三个核函数进行空间划分，碰撞检测和小球移动。最后使用 opengl 绘制场景，完成显示。

sphereGridIndex 核函数每个线程处理一个小球，将空间划分为与最大球直径相同大小的网格，使用原子操作 atomicAdd 将小球位置的 gridContainSphereNumber 加一，并根据 atomicAdd 返回值将小球索引放入共享内存 gridContainSphereIndex 的对应位置（保证不会冲突）。

sphereGridCollision 核函数每个线程处理一个小球，对小球所在网格周围的 27 个网格内的其他小球进行碰撞检测，同时只检测编号比自身大的小球（这保证了两球碰撞时只检测一遍，同时避免写入冲突）。如若发生碰撞，将自身小球和碰撞小球的速度进行相应修改。

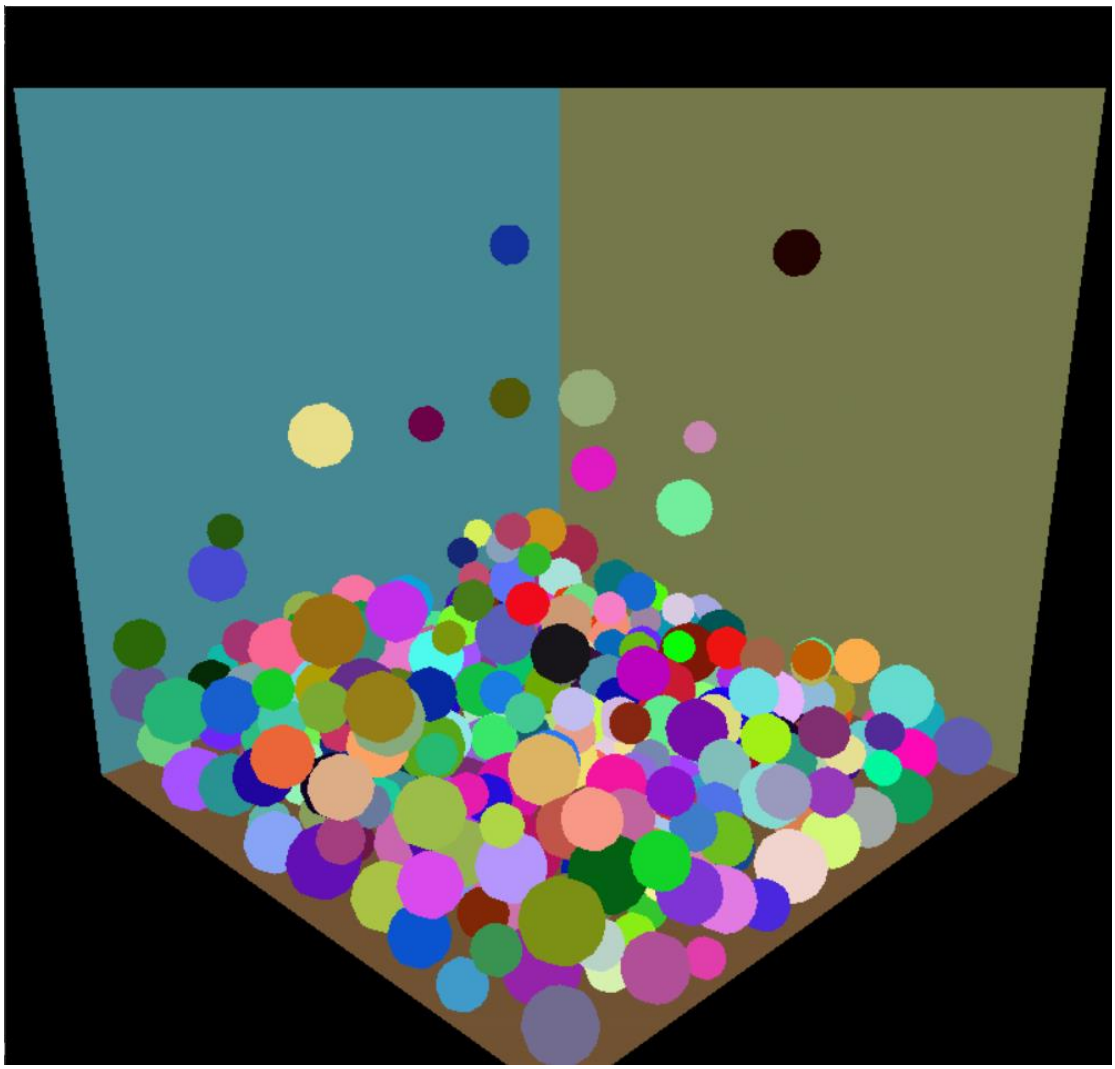
sphereMove 每个线程处理一个小球，将小球的位置值自加速度值，实现小球位置的更新。

程序使用 glut opengl 库生成 GUI 动画。

各个功能的演示方法

在 bin 文件夹下，双击 glcuda.exe 可执行程序，在有 cuda 环境下的 Win10 电脑上（我电脑的 cuda 版本为 10.1），场景内的小球会自动开始运动和碰撞检测，用户不需要额外输入。

程序截图如下：



测试及算法性能的分析

在 NVIDIA GeForce 940MX GPU 上运行程序，该显卡能力较差。

调整场景内小球的数目，测量每秒渲染帧数(fps)如下：

场景内小球数	64 球	192 球	320 球	512 球
每秒帧数(fps)	60.2 帧	60.1 帧	60.1 帧	59.8 帧

测量结果分析

由上述测量结果，可以发现在 GPU 上运行程序时，每秒帧数(fps)达到了较高的水平，

且几乎不随场景内小球数量而变化。分析可知该程序在 GPU 上达到了较高的并行水平，每个小球一个线程，实现了较高的性能。

算法复杂度分析

我的算法使用了空间划分的数据结构，每一帧的计算复杂度为 O(n log n)，由于在 GPU 上实现了每个小球一个线程，所以计算效率很高。

实验总结

经过本次实验，我对 cuda 编程有了初步的接触。我实现的代码运行效率较高，鲁棒性较好，较为完善。感谢徐老师和助教耐心的指导和帮助！

参考文献和引用代码出处

cuda 学习参考了 https://zhuanlan.zhihu.com/p/34587739 教程。

空间划分和碰撞检测部分参考了 https://developer.nvidia.com/gpugems/gpugems3/part-v-physics-simulation/chapter-32-broad-phase-collision-detection-cuda 教程。

glut 教程及部分模板代码参考了 https://www.cnblogs.com/yangxi/category/322690.html 教程。

util_vectors.h 头文件定义了 Vec3 (3 元素 vector) 类，参考了之前找的网上资料修改得到。

opengl 绘制球体的部分参考了博客 https://www.xuebuyuan.com/508980.html