

基于SPH的流体模拟实践和一些技巧总结

转载

changbaolong

于 2013-10-27 18:11:21 发布


2935

收藏 8

分类专栏: 流体模拟

文章标签: 流体模拟 MC 粒子系统 表面提取 网格

你的浏览器目前处于缩放状态，页面可能会出现错位现象，建议100%大小显示。

流体模拟

专栏收录该内容

0 订阅

5 篇文章

订阅专栏

转载自：http://blog.sina.com.cn/s/blog_6f638fb60100shw0.html

SPH的流体模拟是目前大多数游戏所采用的模拟流体方法，特点是简单，十分容易实现，相比与基于 Grid 的 Eulerian 方法更加简单和高速，本文主要介绍一下使用SPH的流体模拟中一些常用的技巧和数据结构。

目前流体模拟中常用的2类方法

分别代表了从2种不同的方面来解释Navier-Stokes的流体方程：

- 1、Eulerian方法从空间固定点观察该点的值得变化。
- 2、Lagrangian方法则将液体看作是跟随着流动的Particle。

Eulerian方法比较复杂，常用作离线模拟，可以产生非常逼真的流体效果，具体可以参考 SIGGRAPH 2007的《FLUID SIMULATION》，作者是Bridson 和 Muller。

现在游戏中常用的实时流体模拟通常使用Lagrangian的方法来模拟流体，也就是基于粒子的方法，而大多数采用的都是基于SPH(Smooth Particle hydrodynamic)的方法。主要参考文章为Muller的《Particle-Based Fluid Simulation for Interactive Applications》。


SPH方法非常简单和容易实现，从我自己做过的刚体和柔体模拟的经验来看，可以说基于SPH的流体比刚体和柔体的模拟简单和容易实现的多。

SPH方法概括的说：

- 1：对每个粒子，通过它附近周围的所有和它的距离半径小于r的所有粒子来计算出该粒子点的密度r被称为Smooth Length，通俗的说就是每个粒子的最大影响半径。
- 2：对于每一个粒子，通过理想气体状态方程根据上一步计算出的密度从而算出它的压强。
- 3：对于每一个粒子，根据它附近周围距离半径小于r的所有粒子的压强（上一步已经算出）来计算出该粒子由于附近压强差而导致受到的压力差。
- 4：对于每一个粒子根据它附近周围距离半径小于r的所有粒子的速度差来计算出该粒子由于附近速度差而导致受到的粘滞力。

对于第一步求解密度来说，
其中r代表粒子i和粒子j之间的距离，h代表前面说的Smooth Length

对于第二步来说使用公式 其中 是粒子的密度 是流体的稳定密度比如水的话一般取1000

changbaolong

关注

米。

第3, 4步也可以依次类推。具体请参考Muller的文章《Particle-Based Fluid Simulation for Interactive Applications》。

你的浏览器目前处于缩放状态，页面可能会出现错位现象，建议100%大小显示。

实现中的常用技巧

下面是一些实现中的常用技巧，希望对你有帮助。

注意，根据上面一片文章的SPH方法，需要推导Smooth Kernel函数的梯度和拉普拉辛算子。但Muller在文章中只给出了3个Kernel(一个计算密度，一个计算压强差力，一个计算粘滞力)函数，并没有帮我们推导出后2个函数的梯度公式和拉普拉辛算子公式。一开始我还花时间自己推导了下，还反复检查生怕推导错了(以前大学学数学我的粗心导致1, 2个符号错误是常有的事情)。后来发现《SPH survival kit》这片小文章里已经帮你都推导好了。。。汗。所以你只要照抄就可以了。

为了快速定位一个粒子周围的例子，我使用了空间Grid的 **数据结构**，通常的说就是将空间等分成尺寸为h的立方格，这样对于一个粒子来说只要查找周围3X3X3的立方格中所包含的粒子就可以了。

为了实现无限大范围的Grid系统，我使用了空间稀疏哈希的方法来存储Grid,这是因为空间大部分Grid都是空着的所以使用Hash表存储和快速定位那些包含粒子的Grid，具体可以参考《**Optimized Spatial Hashing for Collision Detection of Deformable Objects**》。

每对粒子之间的力只需要计算一次就可以了（这样提高2倍的速度），也就是说对于粒子A,B来说。A粒子由于受到B粒子作用的压强力分量，和B粒子由于受到 A粒子作用的压强力分量是相同的只差一个正负号而已，为了避免计算A和B所受的作用力时重复计算，我在每一帧开始模拟前，首先构造每个粒子的邻接粒子列表：同时要保证A和B的邻接关系要么只出现在A的邻接列表中，要么只出现在B的邻接列表中。具体做法很简单，首先清空Hash Grid中每个Grid中的粒子信息，然后对于每一个粒子首先查找周围27个邻接Grid中的粒子，将这些粒子中和自己的距离长度小于Kernel Smooth Length的那些例子加入自己的邻接列表，最后将自己加入到自己在的Grid中，这样就能保证A和B的邻接关系出现并且只出现一次（将会出现在后面的那个粒子的邻接列表中，因为对于前一个粒子来说，在统计它的邻接粒子的时候，后一个粒子还没有被加入到Hash Grid中~~）。

实际上Muller给出的那些公式中有不少可以提取公因式的部分，你可以仔细去研究下会发现很多可以优化速度的地方。

水面信息抽取

转载自：http://blog.sina.com.cn/s/blog_6f638fb60100shw0.html

上面的步骤只是完成了一个粒子系统的模拟，这样你看到的还只是一堆水分子，在正式渲染的时候需要通过第一步计算出的密度场信息来构造出水表面。我这里也是采用Muller论文里的Marching Cube算法，这个算法简单容易实现，但是效率极低，我模拟1500个粒子在一台Core2 4400的Intel cpu上可以达到150fps，一旦经过Marching Cube算法后一下子掉到52fps.所以不大推荐这种方法，我个人看到过一片比较好的文章是《**Interactive Water Streams with Sphere Scan Conversion**》,感觉挺不错，作者号称速度比Marching Cube快了很多倍。不过我自己也没有时间去。



changbaolong

关注

Marching Cube算法的论文<<Marching Cubes:A High Resolutin 3D Surface Construction Algorithm>>,注意论文中提到的构造一个顶点信息构造表, 这个表你可以自己写程序构造。。但是更加方便的技巧是你去下载一个叫做“PolyVox”的开源体素构造库, 它里面已经帮你把表格生成好了。

你的浏览器目前处于缩放状态，页面可能会出现错位现象，建议100%大小显示。

水体渲染

基本上需要模拟的包括水对于背景的折射效果, 水面的Specular ,以及菲涅尔效果。其中前2项是最重要的, 折射我使用的方法是先渲染水体以外的所以其他场景物体, 然后将该Back Buffer拷到一张渲染纹理上, 然后在渲染水的时候在PS里面对这张纹理进行一些扭曲（根据法向量）。最后将像素点写回back buffer,同时根据计算出的菲涅尔系数将像素点的颜色值和反射颜色值进行融合。（这个折射方法是同事教的，正好他在做画面扭曲效果。。）Specular的话和一般的Specular计算方法相同。，下面是几张截图：

这是模拟将液体注入一个盒子的过程

1. 刚开始注入
- 注入中
- 注入液体一段时间后
- 注入完毕
- 静止后

总结

SPH流体模拟主要包括3部分：

- 1、水分子模拟
- 2、水面信息抽取
- 3、水体渲染

其中第一部分，第三部分比较简单，但是好的快速的效果需要有良好、真实地水面信息抽取算法支持。Marching Cube算法可以通过加大网格精度来不断提高视觉效果，速度却得不到保障，所以需要更加出色的算法来解决，因此如何开发一个高效、真实的适用于流体的Surface Extraction算法会是个很大的挑战。

AUTODYN_Chapter_8_无网格_(SPH)_求解器12-04

AUTODYN中SPH算法介绍, 适合初学了解的下载~包括对SPH算法理论和一些简单应用的介绍

基于SPH的流体仿真过程liuyunduo的博客6971

转载自: <https://blog.csdn.net/changbaolong/article/details/13172079> http://blog.sina.com.cn/s/blog_6f638fb6...

参与评论

 请发表有价值的评论， 博客评论不欢迎灌水，良好的社区氛围需大家一起维护👍📄

抢沙发评论

光滑粒子流体动力学_基于SPH(光滑粒子流体动力学)算法的流体仿真1-30

对于SPH算法来说,基本流程就是这样,根据光滑核函数逐个推出流体中某点的密度,压力,速度相关的累加函数,...

SPH算法简介(二): 粒子受力分析 - 狼牙 - CSDN博客10-22

基于SPH的流体模拟实践和一些技巧总结 SPH的流体模拟是目前大多数游戏所采用的模拟流体方法,特点是简...

【CG物理模拟系列】流体模拟--粒子法之... 【计算机图形】Physics-Based Animation-小8君的专栏3826


WCSPH,PCISPH,IISPH等研究方法, 其本质都是以非压缩性为目标, 求解Navier-Stokes方程。本文以WCSP...

SPH（光滑粒子流体动力学）流体模拟实现五：PCISPH 最新发布2342

SPH（光滑粒子流体动力学）流体模拟实现五：PCISPH 我们知道真实的液体是不可压缩的，但我们在计算机...

[图形学] 实时流体模拟中的数学方法 - CSDN博客

8-1 Position Based Fluids 我们使用粒子法进行流体模拟时,一个很重要的因素就是如何保持流体的

 changbaolong 关注

- SPH算法简介(一): 数学基础 - 狼牙 - CSDN博客

10-21

sph详细的理论推导 12-28 里面详细介绍了SPh的由来,如何由N-S方程推导! 基于SPH的流体模拟实践和一些技...
- SPH算法简介（五）：表面张力的计算

狼牙 5507

SPH算法简介（五）：表面张力的计算 2011年04月22日 |本网站遵守CC版权协议 转载请注明出自www.thecod...
- Position Based Dynamics 【译】

anjdsqb1603的博客 860

绝大部分机翻，少部分手动矫正，仅供参考。本人水平有限，如有误翻，概不负责。。。 Position Based Dyn...
- SPH算法初探(一) - CSDN博客

8-16

SPH(光滑粒子流体动力学)算法是现今运用最广泛的流体模拟算法。该算法的主要思想是通过模拟流体中每一...
- SPH（光滑粒子流体动力学）流体模拟实现二：SPH算法（1）-数学原理

小龙虾的博客 2030

流体模拟（二） SPH算法的数学原理：标量场和矢量场 如果空间区域内任意一点P，都有一个确定的数f(P)，...
- SPH（光滑粒子流体动力学）流体模拟实现：算法总览

小龙虾的博客 4599

流体模拟（一） 流体模拟算法总体流程： 流体现象广泛存在于自然界、日常生活以及工 业生产中，对流体的...
- fluent加载第三方(C++,Fortan等)动态链接库

fdqw_sph的博客 3414

这里我介绍一种比较简单的方法，首先我们从ANSYS Fluent UDF Manual上随便找一段正确的UDF，下面这段...
- SPH算法简介（一）：数学基础

IronYoung_不惧未来 3530

【原文链接：https://thecodeway.com/blog/?p=83】 SPH(Smoothed Particle Hydrodynamics)算法是一种流体...
- SPH fluid simulation methods & source codes (cpu & gpu)

PBA_WORLD 2368

这篇文章主要源于我在知乎上回到一个问题 请教一篇siggraph上比较好实现的流体模拟论文？ 关于 Fluid Si...
- SPH算法简介（二）：粒子受力分析

IronYoung_不惧未来 3328

【原文链接：https://thecodeway.com/blog/?p=139】 SPH算法的基本设想，就是将连续的流体想象成一...
- SPH（光滑粒子流体动力学）流体模拟实现三：Marching Cube算法（1）

小龙虾的博客 1636

流体模拟（三） Marching Cube算法（1） 我们在 实现流体表面重建时，需要事先在空间中划分网格，我们的...
- 介绍一种运行ANSYS LS-DYNA 19.0的方式 热门推荐

黄岛主的博客 1万+

单击“开始菜单”，找到ANSYS 19.0文件夹，在此文件夹内找到下图中的Mechanical APDL Product Launch。...
- SPH算法 流体仿真模拟 亲测可运行

03-29

写毕业论文，从国外网站找到的液体流动仿真这方面的材料，这个是比较好的一个，可以运行，使用对比学习
- 《ANSYS Workbench有限元分析实例详解（静力学）》——2.4 ...

weixin_34077371的博客 1594

本节书摘来自异步社区《ANSYS Workbench有限元分析实例详解（静力学）》一书中的第2章，第2.4节,作者...
- ansys SPH方法教程

12-31

关于ansys/ls-DYNA中SPH方法的一个简易教程，看了就会用

你的浏览器目前处于缩放状态，页面可能会出现错位现象，建议100%大小显示。

©2022 CSDN 皮肤主题：大白 设计师：CSDN官方博客 返回首页

关于我们 招贤纳士 商务合作 寻求报道 400-660-0108 kefu@csdn.net 在线客服 工作时间 8:30-22:00

公安备案号11010502030143 京ICP备19004658号 京网文〔2020〕1039-165号 经营性网站备案信息
北京互联网违法和不良信息举报中心 家长监护 网络110报警服务 中国互联网举报中心 Chrome商店下载
©1999-2022北京创新乐知网络技术有限公司 版权与免责声明 版权申诉 出版物许可证 营业执照

changbaolong

码龄13年 暂无认证

94

14万+

47万+

70万+

原创

周排名

总排名

访问

等级

7623

277

98

88

190

积分

粉丝

获赞

评论

收藏

私信

关注

搜博主文章

热门文章

changbaolong

关注

QGraphicsView类 36184

点关于直线的距离、垂足、对称点公式 35790

解决头文件相互包含问题的方法 31859

QgraphicsScene类 29487

解决Win7的一个毛病——睡眠失效（只关闭显示器，不关主机） 22481

分类专栏

 STL 15篇

 C/C++ 67篇

 Ogre 66篇

 Qt 4篇

 VC & VS 21篇

 算法 12篇

最新评论

sd卡受损怎么修复

dintc: 先别格式化，可以用 hopeData 恢复数据。

解决Win7的一个毛病——睡眠失效（只...
大仙hsx: 牛！！！！！！！！！！！！！！ 解决！

无法解析的外部符号 "public: virtual struc...
huguoqun: java

无法解析的外部符号 "public: virtual struc...
Cestlaive: 哇~ 大神现在什么语言呀？ 我转go了

无法解析的外部符号 "public: virtual struc...
huguoqun: 原来我7年前还会C++

您愿意向朋友推荐“博客详情页”吗？











强烈不推荐

不推荐

一般般

推荐

强烈推荐

最新文章

sd卡受损怎么修复

Ogre场景中管道透明之后为黑色的问题

Ogre-渐变背景色（gradient background）的实现

2014年 3篇

2013年 98篇

2012年 98篇

2011年 36篇

你的浏览器目前处于缩放状态，页面可能会出现错位现象，建议100%大小显示。

https://blog.csdn.net/changbaolong/article/details/13172079

5/6

 **changbaolong**

关注



你的浏览器目前处于缩放状态，页面可能会出现错位现象，建议100%大小显示。