

基于物理的概率实验仿真引擎

简介

硬币、骰子是数学中为数不多的经常使用的理想实验器材，通过简单的投掷，可以设计出许多有趣的概率实验。实现一个基于物理的概率模拟器，能够选择不同的抛掷物进行概率实验，并真实地模拟抛掷物的运动。

项目描述

项目要求：

1. 自行实现基于物理的刚体模拟（基本要求）；
2. 实现硬币或骰子的物体基于物理的刚体抛物与地面碰撞；
3. 支持用户在 VR 环境中使用不同的抛掷动作；
4. 设计 UI 界面，统计抛硬币或投骰子多次抛投的情况与概率；
5. 实现长方体和非均匀骰子或硬币的抛投；
6. 抛投物之间的碰撞；

预期实现目标：

1. 实现基于物理的刚体模拟；
2. 支持骰子和硬币的抛投；
3. 实现硬币或骰子的物体基于物理的刚体抛物与地面碰撞；
4. 支持用户在 VR 环境中使用不同的抛掷动作；
5. 设计 UI 界面，统计抛硬币或投骰子多次抛投的情况与概率；

实际实现内容：

1. 基于物理的刚体模拟；
2. 支持骰子和硬币的抛投；
3. 实现硬币的刚体抛物与地面碰撞；
4. UI 界面显示硬币正反面

方法

功能：

1. 刚体模拟：
定义刚体类，包含物体的速度，角速度，受力和力矩等变量，并提供 set, get 接口；
定义 PhysicsManager 类，用于管理场景中所有的刚体；

关键技术的实现：

PhysicsManager，调用接口得到每个刚体的质量，速度，角速度和所受的力及力矩。通过惯量和转动惯量计算下一帧的物体的线速度与角速度。对于每个刚体更新速度状态并

计算下一帧的物体 position 及 rotation。

2. 碰撞检测:

定义 collisiondetect 类, 包含生成 Physics.Ray, 以及碰撞点的检测和保存

关键技术的实现:

通过 Unity 自带的 Ray, 在地面上生成 Ray 的密集区, 当 Ray 被物体遮蔽时, 触发碰撞, 进而引发下一步。

当刚体接触到地面, 得到接触点的集合。刚体现速度为 v , 下一帧刚体的速度为 $-nv$ ($0 < n < 1$, 碰撞为非弹性碰撞), 根据冲量计算该帧的合力, 并平均分给每一点, 并计算每个点的力矩及和力矩。对刚体施加力和力矩之后由 PhysicsManager 改变物体状态。

当某次碰撞之后物体的速度降到一定值同时物体重心与地面的距离不超过一定值时, 默认物体静止, 给物体施加一个支持力并让物体静止。

3. 硬币正反面判断:

通过硬币最后静止前一帧的 rotation 来判断硬币正反。并显示在 UI 界面上

结果:

通过 PhysicsManager 来改变抛投时力及力矩, 实现不同的抛投。(简易模拟.mp4)

抛投出硬币之后与地面碰撞最终静止在地面上, 并显示出正反。(结果演示.mp4)

结论:

项目简述:

在 VR 环境下实现骰子和硬币的抛投并对概率进行统计;

关键点:

刚体模拟、碰撞检测、VR 技术;

项目成果:

实现硬币的抛投与地面的碰撞, 显示出正反;

不足之处:

1. 没有实现 VR 环境的抛投;
2. 碰撞时存在穿模;

参考资料

刚体模拟基础知识 Physically Based Modeling/Rigid Body Dynamics, course note 2001

<http://graphics.pixar.com/pbm2001/>