

凸包围多面体生成算法及应用

(申请清华大学工学硕士学位论文答辩报告)

学 生：唐 磊

指导教师：雍 俊 海 教授



计算机辅助设计图形学与可视化研究所

二〇一五年六月

目录

1 背景

- 凸包围体
- 碰撞检测算法

2 总结与展望

3 主要参考文献

4 感谢

背景

凸包围体技术

在计算机图形学领域里的各种算法中发挥着重要作用，如优化渲染和建模过程，加速求交、碰撞检测等算法。

碰撞检测问题

计算机图形学、虚拟现实等领域中的研究热点，是计算机模拟真实环境中不可或缺的技术，在物理仿真及游戏领域里应用十分广泛。

目录

- 1 背景
 - 凸包围体
 - 碰撞检测算法
- 2 总结与展望
- 3 主要参考文献
- 4 感谢

凸包围体

凸包围体的种类

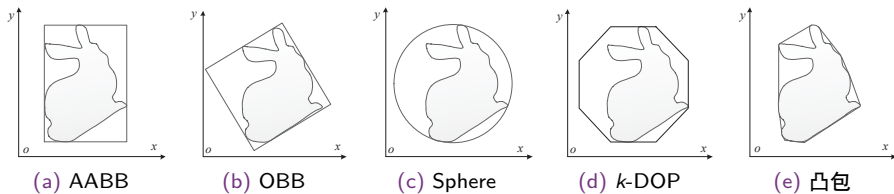


Figure 1: 不同种类的包围体

其他: Tribox、Swept-sphere、Sphere-shell、Zonotopes、圆柱形、圆锥、椭球形等等。

本文目标

k -DOP¹的局限性：方向固定且为有限的偶数，不同模型其截面方向一致，不够紧致；
而凸包很（最）紧致，但面片数量太多，构造复杂度 $O(n \log n)$ 。

本文凸包围体的目标

- 紧致：能够自适应模型，根据模型形状特点有不同的方向；
- 快速：生成凸包围体的速度要快，利用 GPU 加速；
- 灵活：通过参数 k 调节凸包围体的简单性和紧致程度。

¹James T Klosowski et al. "Efficient collision detection using bounding volume hierarchies of k-DOPs". In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 4.1 (1998), pp. 21–36.

目录

1 背景

- 凸包围体
- 碰撞检测算法

2 总结与展望

3 主要参考文献

4 感谢

碰撞检测算法

碰撞检测算法

许多应用的基础，例如在 3D 游戏，物理仿真，机器人，虚拟现实等领域中²。

分类

加速结构： SPT（如四叉树、KD 树等） v.s **BVH**（OBB 树、*k*-DOP 树等）

表现形式： **刚体** v.s 可变形，凸体 v.s 凹体，CSG v.s 参数曲面 v.s **多边形网格**

碰撞环境： **成对** v.s **多体**，**静止** v.s **运动**，**离散** v.s **连续**

²Christer Ericson. *Real-time collision detection*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

碰撞检测算法

基于 BVH 的碰撞检测算法

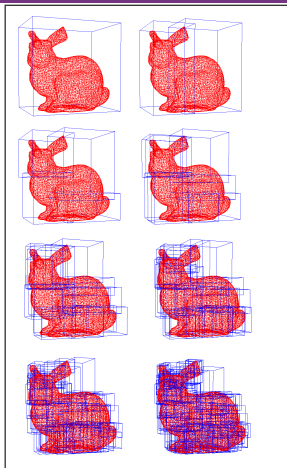


Figure 2: 八层 BVH 示例

算法 1 自顶向下层次遍历 BVH

输入: 两个 BVH 树的根节点 $node_1$, $node_2$

输出: 模型是否相交

```

1: function TRAVERSEBVHTREE( $node_1$ ,  $node_2$ )
2:   if  $node_1.bv \cap node_2.bv = \emptyset$  then
3:     return False // 包围体重合测试, 包围体不相交直接返回
4:   else
5:     if  $node_1.children = \emptyset$  then
6:       if  $node_2.children = \emptyset$  then
7:         // 最底层叶子节点原生几何相交测试
8:         return CHECKINTERSECTION( $node_1.primitives$ ,  $node_2.primitives$ )
9:       else
10:        for all  $child \in node_2.children$  do
11:          TRAVERSEBVHTREE( $node_1$ ,  $child$ ) // 递归调用
12:        end for
13:      end if
14:    else
15:      for all  $child \in node_1.children$  do
16:        TRAVERSEBVHTREE( $child$ ,  $node_2$ ) // 递归调用
17:      end for
18:    end if
19:  end if
20: end function

```

代价函数: $T_{cost} = n_v * C_v + n_p * C_p + (n_u * C_u)$ (运动)

目录

1 背景

- 凸包围体
- 碰撞检测算法

2 总结与展望

3 主要参考文献

4 感谢

总结与展望

总结

- (1) 提出了一种构造紧致凸包围多面体- k -CBP 的算法;
- (2) 构造 k -CBP 速度上比现有算法快 3~8 倍;
- (3) 构造的 k -CBP 紧致程度比现有的 k -DOP 紧致 10% ~ 40%;
- (4) 提出了一种基于 k -CBP 的碰撞检测算法, 该算法较 k -DOP 树算法初始化时间快 8 倍以上, 静止场景快 0.8 ~ 3.2 倍, 运动场景快 0.8 ~ 5.6 倍。

展望

- (1) 碰撞检测算法如何摆脱对 AABB 树的依赖; 应用于近似碰撞检测算法; 应用于可变形的模型连续碰撞检测, 如何快速更新 k -CBP ;
- (2) 如何将 k -CBP 应用于如机器人抓取、路径规划等其他应用领域中。

主要参考文献 I

- [1] James T Klosowski et al. "Efficient collision detection using bounding volume hierarchies of k-DOPs". In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 4.1 (1998), pp. 21–36.
- [2] Christer Ericson. *Real-time collision detection*. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 2005.

感谢

致谢

- (1) 导师雍俊海老师的精心指导；
- (2) 施侃乐老师帮助；
- (3) 研究所各个项目的历练；
- (4) 王斌老师、陈莉老师的评审及意见，答辩委员会老师聆听和指导。

Q & A

Questions?

Thank you!