

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 基于 k -CBP 的碰撞检测算法

- k -CBP 间的相交测试
- 三角网格间的相交测试
- 基于 k -CBP 的碰撞检测算法
- 实验结果及分析



目录

1 基于 k -CBP 的碰撞检测算法

- k -CBP 间的相交测试
- 三角网格间的相交测试
- 基于 k -CBP 的碰撞检测算法
- 实验结果及分析



AABB 树法

将生成的 k -CBP 视为普通的三角网格，实现简单，适用于模型较小的静止碰撞检测场景

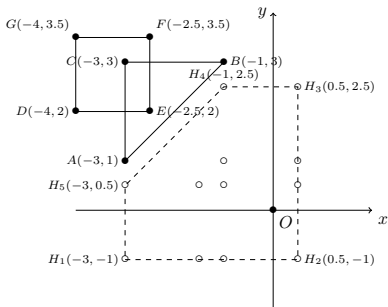
GJK 法

计算凸多面体之间的最近距离的 GJK 算法。

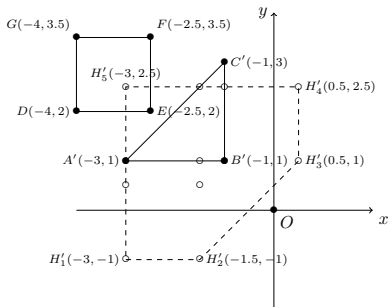
Minkowski 差，即 $\mathbb{A} - \mathbb{B} = \{\mathbf{a} - \mathbf{b} | \mathbf{a} \in \mathbb{A}, \mathbf{b} \in \mathbb{B}\}$ 。GJK 算法的核心基础在于若两个凸多边形相交，则凸多边形顶点的 Minkowski 差所围成的多边形必包含原点，因为若 \mathbb{A} 和 \mathbb{B} 相交即 \mathbb{A} 和 \mathbb{B} 必含有公共交集，即至少含有一点同时属于 \mathbb{A} 和 \mathbb{B} ，该点的 Minkowski 差即为原点 $\mathbf{O}(0,0)$ 。

 k -CBP 间的相交测试

二维 GJK 算法示例



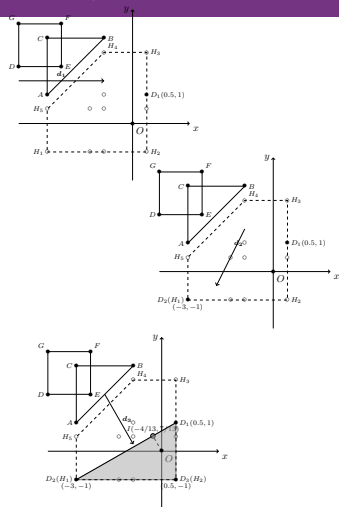
(a) 相交



(b) 不相交

 k -CBP 间的相交测试

GJK 算法

算法 1 基于 GJK 的 k -CBP 相交检测算法输入: 两个 k -CBP $k\text{-CBP}_1, k\text{-CBP}_2$ 输出: k -CBP 是否相交

```

1: function KCBPDETECTIONBASEDONGJK( $k\text{-CBP}_1, k\text{-CBP}_2$ )
2:    $d \leftarrow \text{INITNORMAL}()$ 
3:    $D \leftarrow \text{SUPPORT}(k\text{-CBP}_1, k\text{-CBP}_2, d)$ 
4:    $S \leftarrow \{p\}$ 
5:    $iter \leftarrow 1, d \leftarrow -d$ 
6:   while  $iter++ < \text{MaxIter}$  do
7:      $D \leftarrow \text{SUPPORT}(k\text{-CBP}_1, k\text{-CBP}_2, d)$ 
8:     if  $D \cdot d < 0$  then
9:       return False
10:    end if
11:     $S \leftarrow S \cup D$ 
12:     $\text{contains} \leftarrow \text{CHECKCONTAINUPDATE}(S, d)$  // 检测是否包含原点,
    对集合  $S$  进行规约, 并获取下一次迭代的方向  $d$ 
13:    if  $\text{contains}$  then
14:      return True // 包含原点, 直接返回相交, 否则继续迭代
15:    end if
16:  end while
17:  return False // 达到最大迭代次数, 根据需求返回相交或者不相交
18: end function

```



目录

1 基于 k -CBP 的碰撞检测算法

- k -CBP 间的相交测试
- 三角网格间的相交测试
- 基于 k -CBP 的碰撞检测算法
- 实验结果及分析



三角网格间的相交测试

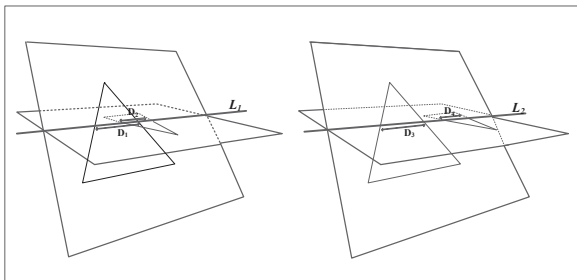


Figure 1: 两个非共面三角形的位置关系

三角形 T_1, T_2 点坐标 \Rightarrow 平面方程 $\Pi_1, \Pi_2 \Rightarrow T_2$ 到 Π_1 的有向距离 $h_i, i \in \{1, 2, 3\}$,

- (1) 若 $\forall i \in \{1, 2, 3\}, h_i = 0$, 即三角形 T_2 的三个顶点到三角形 T_1 所在 Π_1 的距离都为 0, 则两个三角形共面; \Rightarrow 共面三角形求交
- (2) 若 $\forall i \in \{1, 2, 3\}, h_i > 0$ 或 $\forall i \in \{1, 2, 3\}, h_i < 0$, 即三角形 T_2 的三个顶点到三角形 T_1 所在 Π_1 的有向距离同号, 则 T_2 在 Π_1 的同一侧, 可立即排除相交;
- (3) 其他情况, 三角形 T_2 必交 Π_1 于一条线段。 \Rightarrow 判断两个区间线段 D_1, D_2 是否相交。



目录

1 基于 k -CBP 的碰撞检测算法

- k -CBP 间的相交测试
- 三角网格间的相交测试
- 基于 k -CBP 的碰撞检测算法
- 实验结果及分析

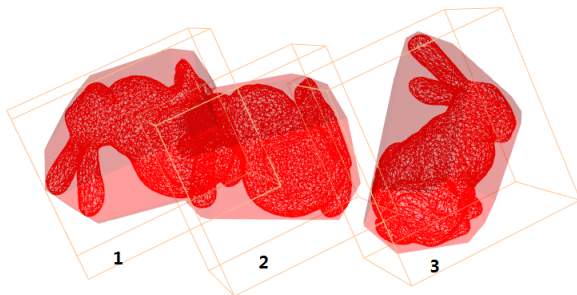


Figure 2: k -CBP 应用于碰撞检测示例

图中模型 1 与 2、2 与 3 的包围盒分别相交, 而其 16-CBP 仅 1 与 2 相交, 实际模型仅 1 与 2 相交.

静止场景碰撞检测算法

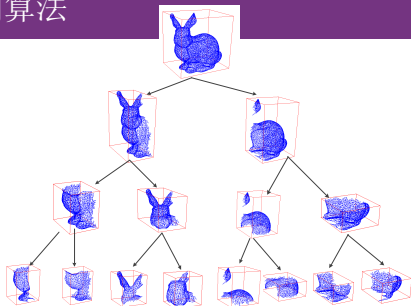
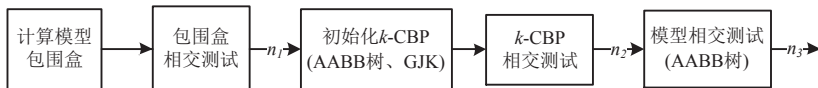


Figure 3: Bunny 模型的 AABB 树形结构 (部分) ▶ 动态图

Figure 4: 基于 k -CBP 的碰撞检测算法流程图

运动场景碰撞检测算法

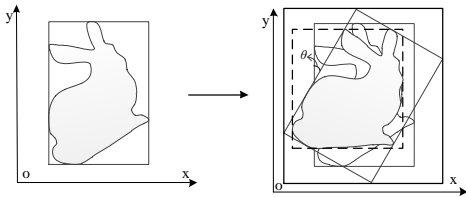


Figure 5: AABB 更新策略图

将变换矩阵 $M = R(n, \theta) \cdot T(t)$
 应用于 GJK 顶点、AABB 顶
 点。

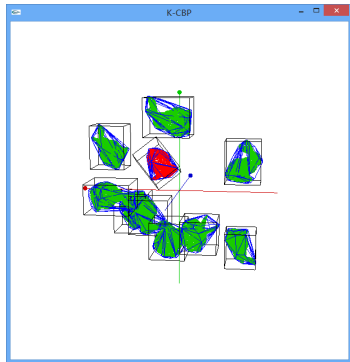


Figure 6: 运动场景碰撞检测示例 [▶ 动态图](#)



目录

1 基于 k -CBP 的碰撞检测算法

- k -CBP 间的相交测试
- 三角网格间的相交测试
- 基于 k -CBP 的碰撞检测算法
- 实验结果及分析



实验结果: k -CBP 的有效性

Table 1: k -CBP 和包围盒应用于碰撞检测结果对比

n	CT(Box) (ms)	CT(16-CBP) (ms)	DT(Box) (ms)	DT(16-CBP) (ms)	r (Box) (%)	$r(k$ -CBP) (%)	DP(Model) (对)
10	0.1	1.8	26.0	0.1	0.00	100.00	0
30	0.2	2.9	134.0	70.0	45.45	83.33	5
50	0.5	4.8	506.0	255.2	46.34	86.36	19
70	0.4	4.8	901.1	492.5	44.16	80.95	34
90	0.7	5.7	1324.0	734.7	41.82	73.02	46
100	0.7	7.8	1481.0	870.7	43.31	75.34	55
150	1.0	9.8	4153.1	2473.0	42.98	70.75	150
200	1.6	12.8	8049.3	4430.9	41.02	71.32	281

其中模型和凸包围多面体是否相交都采用了 AABB 树的方式进行判断。



实验结果及分析

实验结果：不同包围体对比

