

一种基于 OBB 的碰撞检测算法的改进

章 勤 黄 琨 李光明

(华中科技大学计算机科学与技术学院)

摘要: 针对基于层次包围盒的碰撞检测算法中的方向包围盒(OBB)算法,提出了一种改进算法.利用虚拟环境中发生碰撞的帧与帧之间的关联性,对已发生的碰撞进行缓冲,以便下一次的碰撞检测可以利用已检测的上一次碰撞的信息,加快了碰撞检测的速度,同时利用预测试方法扩展了这种算法.实验结果证明,本算法可以有效地解决碰撞检测的计算复杂性问题和改进虚拟环境中碰撞检测的性能.

关键词: 计算机;碰撞检测;方向包围盒;层次包围盒;虚拟环境

中图分类号: TP391.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-4512(2003)01-0046-03

检查虚拟环境中的物体是否发生接触或碰撞是一项被称为碰撞检测的重要技术.碰撞检测系统需要根据输入构成几何对象的基本几何元素(通常是三角形)的集合,来判断某一时刻两个模型是否发生空间上的干涉,即它们的交集是否不为空;若不为空,则表示发生碰撞,此时还需要确定碰撞部位(参与碰撞的基本几何元素)^[1].最简单的测试方法是对两个输入模型的基本几何元素进行两两相交的测试,这种穷举的方法虽然简单,但是其时间复杂度达到 $O(n^2)$,显然无法达到虚拟现实系统实时性的要求.因此需要设计出性能良好的算法来满足实时性的要求.

1 基于 OBB 的碰撞检测算法分析

目前层次包围盒算法是一种比较有效的快速碰撞检测算法.比较常见的包围盒有沿坐标轴的包围盒 AABB(axis-aligned bounding boxes)、包围球(spheres)、方向包围盒 OBB(oriented bounding boxes)^[2]、固定方向凸包的包围盒 FDH(fixed direction convex hull)^[3]等.就刚体的碰撞检测而言,性能最好的是基于 OBB 的碰撞检测算法,曾一度作为评价碰撞检测算法的标准.

一个给定物体的方向包围盒(OBB)定义为包含该对象且相对于坐标轴方向任意的最小的正六面体.文献[4]提到 OBB 的计算相对于 AABB 和包围球而言复杂一些,其关键是寻找最佳方向,并

确定在该方向上包围对象的包围盒的最小尺寸. OBB 碰撞检测算法能有效的提高系统的检测效率,但在解决系统的实时性检测问题时还稍嫌不足,可以在其基础上进行改进.

2 对 OBB 碰撞检测算法的改进

在虚拟环境中通常在帧和帧之间都会有很强的关联性,因为虚拟环境从一帧过渡到另一帧时不会急剧变化.这意味着虚拟环境中物体从一帧变化到另一帧时是相对静止的.因此当有一次碰撞在两个虚拟物体之间发生时,很有可能会有一次新的碰撞在这两个物体之间发生.假设新的碰撞总是会在接近上一次碰撞的多边形处发生,在需要测试碰撞发生与否时可以首先测试上一次发生碰撞的地方,同时应该把上一次发生碰撞的相关信息缓冲下来,以供本次测试使用.

此方法在具体实现时,需要在原有的表示每个物体的数据结构里添加 Cache 字段,里面存放每个物体上次发生碰撞的三角形基本的几何信息.每当需检测该物体的碰撞情况时,系统先检测该物体的 Cache 字段中存放的三角形的碰撞情况,如发生碰撞,则 Cache 中的三角形此时仍然发生碰撞,可直接将结果返回给系统;如未发生碰撞,则 Cache 中的三角形此时未发生碰撞,此时需要重新检测该物体的方向包围盒,若新的碰撞发生,则将发生碰撞的三角形的几何信息返回给系

收稿日期: 2002-07-30.

作者简介: 章 勤(1955-),女,副教授;武汉,华中科技大学计算机科学与技术学院(430074).

基金项目: 国家高性能计算基金资助项目(99313).

统,同时用此结果覆盖掉 Cache 中原来的信息,即将 Cache 中的内容刷新;若没有新的碰撞发生,则将未发生碰撞的结果返回。

这种方法可以很好地提高测试碰撞的速度。此时 Cache 的入口数目的选择比较重要。若其入口只有一个,就可能会发生误判的错误。例如当碰撞涉及到多于两个物体时,其中的一个 Cache 中的三角形在没有发挥任何作用时就会被另一个三角形刷新,这样就会漏掉一次发生的碰撞。具体情况如图 1 所示。可以看到,在这种情况下,第一步 A 和 B 的 Cache 中分别存放 A 和 B 的碰撞情况,第二步 B 的 Cache 字段中的内容被 B 和 C 的碰撞情况覆盖掉了,第三步再检查 A 和 B 的情况时,它们在 Cache 中的内容已经被刷新了,这样系统会得出 A 和 B 没有发生碰撞的错误结论。

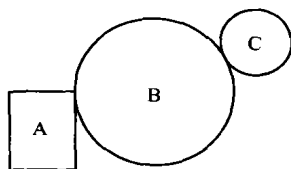


图 1 物体 A, B 和 C 同时碰撞的情况

若让 Cache 能存储多次碰撞的碰撞点信息,即让 Cache 拥有多个入口值,就可以解决上述同时发生的碰撞的漏判问题。此时通过测试 Cache 中所有的三角形,系统可以检测出所有发生的碰撞。当一个碰撞在数目较少的三角形之间反复发生时,这种方法也可起到好的效果,因为此时系统仅需要判断缓存中的数据即可得到结论,发生碰撞的相关信息一定可以从缓存中读出。

若采用多个 Cache 入口,就会涉及到 Cache 的替换策略。替换策略可以采用最近最少使用法(LRU),即当 Cache 已满需要替换时,挑选 Cache 中没有使用过的时间最长的项替换掉。因此,Cache 字段除了物体的碰撞点的几何信息之外还需要维护以下变量。

Collided:标识物体是否发生碰撞的逻辑变量。初始值为 0,若物体发生碰撞就置为 1。

Used:标识此 Cache 是否被访问过。初始值为 0,若被访问过就置为 1。

Time_id:时间标识。由系统设定时间间隔单位。每过一个时间单位,Time_id 值加 1。

为此,系统还需设置一个全局计数器,每触发一次计数器,便刷新一次 Time_id 的值。

当刚发生的一次碰撞涉及到 Cache 中的项时,需要将缓存中每一项的 Collided, Used 和 Time_id 更新。

然而 Cache 入口数量也不能取得太大。因为系统需要测试所有的已存放在 Cache 中的三角形才能判断是否发生碰撞。若是 Cache 的入口数量太大,会消耗大量时间去查找其中的项,则系统的效能将大大降低。Cache 入口较多将会显著降低系统的效率。

以上方法实际上是利用了碰撞的局部性^[5]。为了进一步利用碰撞的这种特性,可以将 Cache 测试扩展为测试未发生碰撞的已存放在 Cache 字段中三角形的周围的三角形的碰撞情况,即遍历已存放在 Cache 字段中的项的兄弟子树。这种方法可以称为“预测试法”。因为这些三角形临近已存放在 Cache 中的三角形,所以有可能在它的兄弟子树上发生新的碰撞,此时提前判断可能发生的碰撞可以加快整个系统的碰撞的速度,即避免降低系统的效率。

3 实验结果

实验环境是一台赛扬 633MHz 的机器。通过改造 OBB 碰撞检测算法,实现了本文提出的改进算法。分别采用这两种算法测试了以下两个场景的碰撞检测的时间 t 。场景 1 中有两个圆环面,每一个圆环面由 5 000 个三角形组成;场景 2 中也有两个圆环面,一个圆环面由 5 000 个三角形组成,另一个由 20 000 个三角形组成。图 2 是它们的仿真结果。

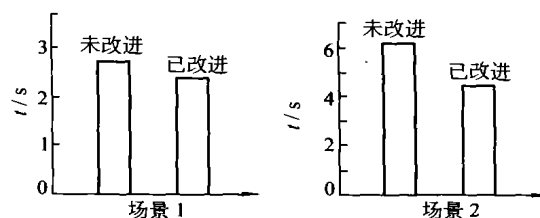


图 2 实验结果

从实验结果可以看出,采用已改进的碰撞检测算法较之采用未改进的碰撞检测算法有大约 10%~15% 的性能上的改进,并且当场景的规模越大时,算法改进的效率也越高。

参 考 文 献

- [1] 王志强,洪嘉振,杨 辉.碰撞检测问题研究综述.软件学报,1999,10(5):545~551
- [2] Gottschalk S, Lin M C, Manocha D. OBBTree: A Hierarchical structure for rapid interference detection. Computer Graphics, 1996, 30(8): 171~180
- [3] 魏迎梅,吴泉源,石教英.虚拟环境中的碰撞检测方法.计算机工程与科学,2001,23(2):44~47

- [4] 魏迎梅,王 涌,吴泉源等.碰撞检测中的层次包围盒方法.计算机应用,2000,20(8):241~244
- [5] Van den Bergen G. Efficient collision detection of com-

plex deformable models using AABB Trees. Journal of Graphics Tools, 1997, 2(4): 1~13

Improvement of collision-detection algorithm based on OBB

Zhang Qin Huang Kun Li Guangming

Abstract: This paper presented an improved algorithm for collision detection based on hierarchical bounding box, especially the algorithm based on oriented bounding box (OBB). The relationship between frame and frame due to their collisions in virtual environment was used to buffer the occurred collisions, so that the information of the last detected collision can be used for the next collision detection, and this can accelerate the collision detection. The pre-detection method was used to expand the improved algorithm. The experimental results demonstrated that this algorithm could effectively simplify the computation of collision detection and improve the performance of collision detection in virtual environment.

Key words: computer; collision detection; oriented bounding-box; hierarchical bounding-box; virtual environments

Zhang Qin Associate Prof.; College of Computer Sci. & Tech., Huazhong Univ. of Sci. & Tech., Wuhan 430074, China.

我校协和医院与德国贝朗公司 设立骨关节外科培训基地

2002年11月28日,协和医院和世界著名的医疗专业设备供应商德国贝朗公司签署协议,在该院设立“武汉协和医院——德国贝朗人工关节外科中心”。

此举标志着协和医院成为华中地区乃至全国骨关节医生的培训基地。据介绍,这是贝朗公司在中国成立的首家人工关节中心。

该中心的成立使我省骨关节外科技术在国内率先与国际先进水平同步。贝朗公司今后每年将出资在协和医院组织大型骨科医生培训班,为中南地区各医院培训骨科骨干医生。

早在20世纪50年代,协和医院骨科就已开展人工异体关节置换。该科先后在省内率先开展人工膝关节置换、人工椎间盘置换、人工踝关节置换手术,还开展了全髋关节置换、人工膝关节置换、同种异体膝关节置换、人工肩关节置换等手术,质量和数量均居湖北省首位,在中南地区乃至全国均有较大影响。