

虚拟环境中软体的包围盒更新方法分析

Updating Bounding Volume Hierarchies of Deformable Objects Approaches Analysis in Virtual Environments

(1.广西大学计算机与电子信息学院;2.广西大学信息网络中心) 张 莉¹ 卢豫开² 段绍敏¹

ZHANG Li LU Yu-kai DUAN Shao-min

摘要: 讲述了软体采用层次包围盒方法进行碰撞检测时,针对连续变形包围盒树的两类更新方法:静态更新和动态更新,对静态更新方法中的自上而下、自下而上和混合更新方法,动态更新方法中的离散法和连续法进行了分析,并利用实验数据比较了各种算法在不同仿真环境下的运算速度。结果显示,混合更新方法和连续法在虚拟现实环境中具有更好的性能。

关键词: 包围盒更新方法;自上而下;自下而上;混合更新;运动包围盒层次结构

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

Abstract: When deformable collision detection used the Bounding Volume Hierarchies approach, two kinds of strategy for updating hierarchy in order to handle continuously deforming:static and dynamic approaches were described.Top-down,bottom-up and hybrid updating approaches of static method,discrete and continuous approaches of dynamic method were analyzed.Experiment data was used to compare all these methods with their compute speed in different simulation environments.The results show that, the hybrid and continuous approaches have better performance than other approaches in virtual reality environments.

Key words: strategies for updating hierarchy; top-down;bottom-up; hybrid; kinetic bounding volume hierarchies

引言

碰撞检测(Collision Detection,CD)也称为干涉检测或接触检测,是虚拟制造、CAD/CAM、计算机动画、物理建模、游戏、飞机和汽车模拟、机器人技术、路径和运动规划(公差确认)、装配、以及几乎所有的虚拟仿真等研究领域的重要课题。

虚拟环境中包括刚体和软体。刚体对象在场景中只做平移和旋转运动,软体对象在运动过程中不仅会平移和旋转,而且会发生变形。此外加上软体对象形态复杂、变化多端,其碰撞检测相比刚体对象而言复杂得多。

1 层次包围盒更新方法

软体碰撞检测方法可以大致分为:基于物体空间的方法、基于图像空间的方法和混合方法。现在普遍使用的加速物体对碰撞检测的方法是基于物体空间的方法,包括空间分割和层次包围盒。

层次包围盒(BVHs, Bounding Volume Hierarchies)在计算机图形学中被用来光线跟踪、求交计算和碰撞检测。在其他领域比如地形数据库、分子模拟或机器人等也有应用。很多层次包围盒方法被用来处理软体对象,比如 AABB(轴对称包围盒)、k-DOPs (或 FDH, 固定方向包围盒)、OBBs (任意方向包围盒)、Spheres(球)和混合包围盒,如 BD-tree。

一个对象的层次包围盒在预处理阶段建立形成,只要这个对象是刚体,那么层次结构在系统运行过程中都是有效的。然而,在虚拟环境中,一旦软体对象发生变形,预处理阶段建立的层次结构就变得无效了。因此需要对物体的包围盒结构进行调整。理论上有两种方法:重建或者更新。Van den Bergen 证实了在 AABB 包围盒层次结构中更新比重新构建包围盒树要快

10 倍。

层次包围盒的更新又可细分为静态更新和动态更新。静态更新即是在某一时间点采用一种更新策略对包围盒树的更新;动态更新是指在软体对象变形的连续运动过程中的更新策略。

1.1 静态更新

静态更新按更新方向可以分为:自下而上、自上而下和“自上而下/自下而上”混合更新方法。

(1) 自下而上(bottom-up)

Van ben Bergen 对 AABB 树进行了组织,首先重新计算出叶子节点的包围盒,然后使用新计算出来的包围盒重新计算相应父节点的包围盒,一直到树的根节点为止。下表 1 为 OBB 和 AABB 对三个不同模型仿真操作时间的对比。环、飞机、壶的面片数分别为 5000、6084、3752。

表 1 OBB 和 AABB 操作时间对比

操作	环	飞机	壶
建立 OBB 树	0.35s	0.46s	0.27s
建立 AABB 树	0.11s	0.18s	0.08s
bottom-up 更新 AABB 树	15ms	18ms	11ms
OBB 相交测试	0.5ms	2.3ms	0.6ms
AABB 相交测试	1.3ms	3.3ms	0.8ms

从表 1 可见 OBB 的快速相交测试并不能弥补它重新建立 OBB 树的开销,尽管模型只有少量的部位发生变形。AABB 树自下而上更新时间还不到 OBB 重建整棵树时间的 5%,自下而上方法具有更好的性能,更适合于变形模型的碰撞检测。

(2) 自上而下(top-down)

实际上,自上而下的方法相当于重建 BVHs。它根据基本几何元素的新位置重新生成层次包围盒树,这样基元的组合情况将发生变化。由于生成过程比较耗时,特别是当模型比较精细

张莉:硕士研究生

时,所以该方法缺点明显,计算负担过重,不适合实时和交互式应用。在实际应用中直接采用自上而下进行更新 BVHs 的很少,一般都是综合利用其他技术来加速更新操作。一般有两种方法 ①混合层次包围盒树。James and Pai 对球树进行改进,提出一种 BD-tree。②硬件加速算法,重新建立包围盒。

(3) 混合更新(hybrid)

Larsson and Akenine-Moller 比较了自下而上和自上而下两种策略。他们发现,如果一个碰撞检测对深层次的节点处理得比较多自下而上的策略更好,如果只有少量深层次节点被处理自上而下的方法更快。因此,他们提出一种混合方法——“自上而下/自下而上”,树的上半部分即高层节点(包括根节点)使用一种自下而上的更新策略,仅仅对在遍历过程中所访问的树中比较深的下部节点采用自上而下的方法进行更新。采用这种方法减少了不必要更新的节点数,却增加了内存量,因为在内部节点也要存储有关叶子节点的顶点或者面的信息,以空间换取时间,从而提高碰撞检测的效率。最初的测试表明,这种方法要比 Van ben Bergen 的方法快 4-5 倍。

(4) 3 种方法的比较

对 3 种 BVHs 的更新方法进行了比较实验。在 200 帧内,两个连续变形的球体相向运动,采用 AABB 八叉树。每个球体包含 20480 块面片。下图 1 为分别采用 3 种更新策略在每帧报告所有相交的三角形对所花费的时间。从图可以看出,无论是在最坏情况下还是在最佳情况下,混合更新方法报告所有相交对所需时间最少。

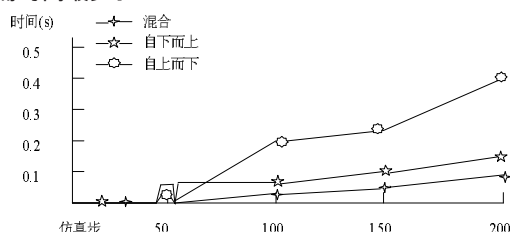


图1 每帧碰撞检测报告所有相交对所花费的时间

1.2 动态更新

动态更新又可分为离散法和连续法。

(1) 离散法

大多数碰撞检测算法都属于此类。如果动画能运用时间片妥善地离散化,就可以利用一种简化方法在每个时间点对 BVHs 进行更新来处理这种连续的运动。即先采样,然后利用静态更新方法调整 BVHs。一种方法是膨胀包围盒法,即扩大包围盒,允许一定范围的形状改变。由于膨胀包围盒方法扩大了包围物体的包围盒,带来的是更多的相交测试。这种方法其实是牺牲碰撞检测的精确度来换取实时性。另一种方法是在每个时间步重新计算层次包围盒,这个开销非常大,一般需要硬件并行处理才行。

(2) 连续法

为了克服离散法的不足,连续法对物体运动过程进行建模,构造出一条连续的运动路径,再基于该路径判断物体之间的碰撞情况。一种方法是运动插值。另一种方法是建立运动包围盒层次结构。Gabriel Zachmann et al[6]提出一种针对变形物体的运动包围盒层次结构(Kinetic BV Hierarchies),这种方法基于事件驱动,即当更新必要时才进行更新,减少了 BVHs 的更新频率。

(3) 2 种方法的比较

下图 2 为采用运动 AABB 树的更新策略和自下而上方式对经典 AABB 树进行更新两种方法在每帧内更新包围盒所用时间的对比,仿真 320 帧。该仿真环境是一个穿着 T-shirt 的男模特,大约 100,000 个三角形面片。Kin.AABB 是运动 AABB 树结构,更新操作基于事件驱动;Bottom-up 是指在每帧内对经典 AABB 树进行自下而上的更新。纵坐标是每次 BVHs 更新所需的时间,单位为毫秒,横坐标是帧数。

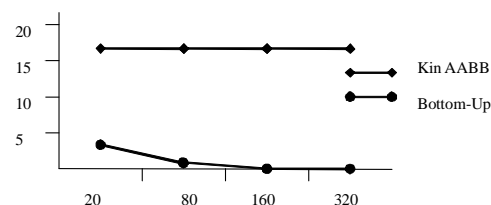


图2 两种更新策略在每帧内更新 BVHs 所需的时间

从上图可以看出,采用运动 AABB 树的更新策略比自下而上方式在每帧内对经典 AABB 树进行更新要快大约 10 倍。

2 结论

现阶段,还没有一种通用或完善的算法解决 BVHs 的更新问题,上面的方法大多是针对某些特殊的应用。尽管 BVHs 在变形物体的碰撞检测中需要更新,但它在动画以及交互性较强的系统中还是比较有效的。而且 BVHs 摆脱了基于图像类算法网格或像素的约束,能更容易的用于各种结构的物体碰撞检测,并能保证不漏检。同样也适合连续碰撞检测和自身碰撞检测。

本文作者创新点:利用实验数据比较各种包围盒更新算法在不同仿真环境下的运算速度,证实混合更新方法和连续法在虚拟现实环境中具有更好的性能。

参考文献

- [1]丘威,张立臣.虚拟物体间碰撞检测系统的设计[J].微计算机信息,2006,3-3:1-2.
- [2]James D.,Pai D.BD-tree:Output-sensitive collision detection for reduced deformable models[J].ACM Transactions on Graphics(SIG-GRAPH 2004),2004,23(3).
- [3]Van den Bergen,G.Efficient Collision Detection of Complex Deformable Models Using AABB Trees [J].Journal of Graphics Tools, 1997,2(4):1-13.
- [4]Van den Bergen,G. Collision Detection in Interactive 3D Computation Animation [J].Ph.D.Thesis,Eindhoven University of Technology,1999.
- [5]Larsson,Thomas,Tomas Akenine Moller.Collision Detection for Continuously Deforming Bodies: Eurographics 2001 [R].[S.l.]:[s.n.], 2001.
- [6]Zachmann G.Kinetic Bounding Volume Hierarchies and Collision Detection: Colloquium der Informatics in Bonn[R]. Bonn:[s.n.], 2008.

作者简介:张莉(1982-),女(回族),湖南邵阳市人,广西大学计算机与电子信息学院硕士研究生,主要研究方向为虚拟现实;卢豫开(1952-),男(汉),广西南宁人,广西大学信息网络中心高级工程师,硕士研究生导师,主要研究方向为现代教育技术、多媒体技术;段绍敏(1984-),男(汉),贵州松桃人,广西大学计算机与电子信息学院硕士研究生,主要研究方向为多媒体技术。

(下转第 26 页)

式在浏览器中访问超文本页面。

5 结语

本系统设计了基于 C/S 和 B/S 两种模式的监测服务器,给出了基于局域网的轨道电位监测系统的架构,并对各部分进行了具体设计,该系统具有如下特点:(1)本监测系统通过 CAN 总线和局域网互相连接,实现了轨道电位的远程监测,不但增强了系统功能,而且实现了数据共享。(2)通过 Web 服务系统将服务器采集到的数据提供给访问者,实行了数据共享,为决策层提供了数据参考。该系统已在南京地铁轨道电位监测中运用,取得了很好的效果。该项目获“中国矿业大学青年科研基金资助项目”。

创新点:

- 1、本系统实现了轨电位的在线实时可靠;
- 2、通过 CAN 总线和局域网互相连接,避免了单独组建系统,降低了整个系统的成本,增强了组网的灵活性,使系统功能更完善,更合理;
- 3、提出了现场总线和局域网互连的解决方案;
- 4、根据 B/S 模式和 C/S 模式的特点,结合地铁实际情况,提出了采用 B/S 模式和 C/S 模式相结合的模式,使组网模式更符合现场情况

参考文献

- [1]章磊,李耀,刘光徽.基于 CAN 总路线网络的现场监控系统,仪表技术与传感器.2007(12):39~41.
- [2]赵煜,李威.广州地铁杂散电流实时监测系统设计与应用.城市轨道交通研究.2001.1:63~65.
- [3]汪献忠,赫树开,吕运朋.基于 Internet 功能的网络传感器系统的设计.仪表技术与传感器.2007(10):37~38.
- [4]汪祖武,李平康.基于以太网的分布式测温系统.微计算机信息.2004,20,6:31~32.
- [5]地铁杂散电流腐蚀防护技术规程(CJJ49-92).北京,中国计划出版社,1993.
- [6]吴誉,张卫东,许晓鸣.以太网和现场总线的互连方法.测控技术.2000(1).

作者简介:王禹桥(1974-),男(汉族),博士研究生,讲师,主要研究方向:智能仪器仪表及自动化以及杂散电流腐蚀监测与防护。

Biography: WANG Yu-qiao (1974-), male, Doctor, instructor, Working on intelligence control and device and metro stray current corrosion protection and monitoring research.

(221116 江苏徐州 中国矿业大学机电工程学院) 王禹桥 李威 杨雪锋 叶果

(College of Mechatronic Engineering, CUMT Xuzhou, Jiangsu 221008) WANG Yu-qiao LI Wei YANG Xue-feng YE Guo

通讯地址:(221116 江苏省徐州市中国矿业大学机电工程学院) 王禹桥

(收稿日期:2009.03.13)(修稿日期:2009.04.15)

(上接第 31 页)

5 创新点

本模型在 GIS 中引入模板库存放设备信息,从而实现了系统的可移植性,方便不同电力公司的使用。

参考文献

- [1]金振东,许文庆,舒彬.我国大城市的供电/配电自动化与地理信息系统,99 北京国际电力信息系统(GIS)技术研讨暨产品展示会会议论文集,1999:65~69.
- [2]郭伦,刘瑜,张晶等.地理信息系统——原理、方法和应用[M],北京:科学出版社,2001.
- [3]吴凤书,连迎遐,陈俊林等.电力企业计算机管理信息系统(第 1 册)[M],北京:中国电力出版社,1996.
- [4]杨世忠,吴信才,刘德刚.配电网络管理系统的设计与实施[J].地球科学——中国地质大学学报,1998,23(4):400~403.
- [5]Mark Priestley. Practical Objected-Oriented Design with UML [M],北京:清华大学出版社,2001.
- [6]沈丽君,刘厚泉,杜振军.基于 ArcGIS 的配电网拓扑分析的实现,微计算机信息 2008,3-1:P137-139

作者简介:刘德刚,男,山东省高唐县人,中国地质大学机械与电子信息学院讲师,博士生,主要研究方向为信息系统应用、软件工程;敖霜,男,湖南省湘潭人,中国地质大学计算机科学与技术学院。

Biography: LIU De-gang (1974-), male, native place is Gaotang country Shandong province, the docent of Department of Faculty of Mechanical & Electronic Information of China University of Geosciences, doctor candidate, Mainly is engaged in the information system application and software engineering.

(430074 武汉 中国地质大学机械与电子信息学院) 刘德刚

(430074 武汉 中国地质大学计算机科学与技术学院) 敖霜

(Department of Faculty of Mechanical & Electronic Information, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China) LIU De-gang

(Department of Computer Science and Technology, China University of Geosciences, Wuhan, 430074) AO Shuang

通讯地址:(430074 武汉 中国地质大学机械与电子信息学院) 刘德刚

(收稿日期:2009.03.13)(修稿日期:2009.04.15)

(上接第 33 页)

Biography: ZHANG Li (1982-), woman (Hui), Shaoyang Hunan, Institute of computer and electronic information, Guangxi University, master, Research area is virtual reality;

(530004 广西南宁 广西大学计算机与电子信息学院) 张莉 段绍敏

(530004 广西南宁 广西大学信息网络中心) 卢豫开

(Institute of computer and electronic information, Guangxi University, Nanning Guangxi 530004, China) ZHANG Li

DUAN Shao-min

(Dept. of the information center of network, Guangxi University, Nanning Guangxi 530004, China) LU Yu-kai

通讯地址:(530004 广西壮族自治区南宁市大学路 100 号广西大学西校区 A158 信箱) 张莉

(收稿日期:2009.03.13)(修稿日期:2009.04.15)

《现场总线技术应用 200 例》已出版,
每册定价 55 元(含邮资),汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室
微计算机信息 邮编:100081
电话:010-62132436 010-62192616 (T/F)