

一种基于 OBB 包围盒算法的交通事故检测方法

刘纬琪,王夏黎,荆树旭

(长安大学 信息工程学院,陕西 西安 710064)

摘要:给出了一种用虚拟环境下的 OBB 碰撞检测算法对真实环境下城市道路交通事故进行检测的方法。该方法的主要思想是利用 OBB 算法计算车辆的包围盒,通过对包围盒的地面平面投影得到车辆矩形二维包围盒,然后检测这些矩形在同一平面上是否相交从而判断车辆是否发生碰撞,最后根据车辆的碰撞方式确认事故的类型,从而完成事故检测。为了提高算法效率,还给出了 OBB 包围盒数量的控制方法。实验结果表明,该方法能够快速地检测到交通事故的发生。

关键词:交通工程;碰撞检测;包围体;OBB 包围盒;一维碰撞;二维碰撞

中图分类号:TP301

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2014)10-0034-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2014.10.008

A Method of Traffic Accident Detection Based on Oriented Bounding Box Algorithm

LIU Wei-qi, WANG Xia-li, JING Shu-xu

(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: Propose a method of testing the urban road traffic accidents in real environment using the OBB collision detection algorithm in virtual environment. The main idea is to calculate the bounding box of vehicles with OBB algorithm, and to obtain the two-dimensional rectangular bounding box of vehicles with planar projection of the bounding box, then to judge whether the vehicles collide each other by detecting whether the rectangular on the same plane, and according the collision mode, the type of accident is recognized, finishing the accident detection. In order to improve algorithm efficiency, the method of control is also provided for OBB amount. Experimental result indicates that the proposed method can rapidly detect accidents.

Key words: traffic engineering; collision detection; bounding volume; oriented bounding box; one-dimensional collision; two-dimensional collision

0 引言

近年来,随着国家公路网的快速发展,给人们带来舒适和方便的同时,也带来了频发的交通事件。由于国内城市的交通需求不断扩大,各类交通事故和二次事故明显增多,给人们带来了重大的安全隐患。为了能够迅速地检测和处理道路上发生的交通事件,特别是减少由于交通事故造成的二次事故的发生,快速而准确地检测交通事件的发生显得尤为重要。20世纪80年代末期,以高新技术为基础的智能交通系统(Intelligent Transport System, ITS)概念和技术被提出,并且得到了迅速的发展。而如今,计算机视觉是智能交通系统中一个不可或缺的组成部分。使用视频获取的信息进行交通事件检测目前正在成为研究热点。国外

学者 Rucy Long Cheu 等人提出用 SVM 模型分类器来检测交通事件的发生,再利用检测率、误报率、平均检测时间等指标来计算性能指数(PI)^[1]。Xin Ji 等人于2004年提出用神经网络在自动检测里的应用,开发了一种基于多层前馈网络的(MLF)的算法。该研究将建设性概率神经网络(CPNN)模型与多层前馈神经网络(MLFNN)模型相比较,结果表明 MLFNN 具有很好的时间检测性能,而 CPNN 网络的适应性方法简单,更易得到实时的应用^[2]。

目前国内也有很多学者对自动检测交通事件提出了新的方法。梁新荣等提出用支持向量机分类方法研究高速公路事件检测的问题^[3];裴瑞平等根据高速公路有时间发生时交通流将产生突变这一原理,提出基

收稿日期:2013-12-06

修回日期:2014-03-11

网络出版时间:2014-07-28

基金项目:陕西省自然科学基金(20120849)

作者简介:刘纬琪(1989-),男,福建莆田人,硕士研究生,研究方向为图形图像处理 and 智能交通系统;王夏黎,教授,博士,研究生导师,研究方向为图形图像处理与智能交通系统;荆树旭,教授,研究生导师,研究方向为模式识别与人工智能。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20140728.1226.038.html>

于小波变换和 LS-SVM 的事件检测算法^[4];罗向龙等运用小波分解与支持向量机的声频识别方法对交通事件进行自动检测^[5];张秀红等通过对城市快速交通异常事件检测方法的分析,提出基于 RBF 的城市快速交通异常事件自动检测方法^[6];武林芝等利用主分量分类方法,研究和改进了基于主分量的交通事件自动检测算法^[7];姜桂艳等以人工神经网络技术为依托,设计了基于单个检测设施的 AID 算法来实现交通事件的自动检测^[8];陈德旺等提出一种基于二维空间和一维时间的交通流异常变化的三维集成交通事件自动检测算法^[9]。但是这些自动检测算法过于复杂,很难在实际中得到应用,如果车辆的移动速度过快,也很难达到预期的效果。因此,文中提出用虚拟现实中的碰撞检测技术来实现交通事故的检测。

碰撞检测也称为干涉检测或接触检测,就是对物体在运动或装配过程中可能出现的碰撞或干涉进行检查,避免碰撞或干涉的发生,或进行响应的碰撞处理。它主要是应用在虚拟制造、CAD/CAM、计算机动画、物理建模、三维游戏、飞机和汽车驾驶模拟、机器人等领域。可见碰撞检测是计算机图形学和虚拟现实中最基本且非常重要的组成部分,而在现实世界中的应用相对较少。

文中主要研究碰撞检测中的 OBB 碰撞检测算法在交通事故检测中的应用。碰撞检测的基本任务是确定两辆或者多辆车彼此之间是否发现接触,是判断是否发生交通事故的一个重要因素。利用碰撞检测可以第一时间监控到车与车之间的距离关系,来判断是否发生交通事故。方法主要从视频图像出发,在视频中对车辆进行 OBB 算法的包围盒建立,在车辆移动过程中检测到车辆之间的距离,当车辆距离小于安全距离时会做出相应的预警。当包围盒接触的时候,也即车辆相撞时就会发出警报。

1 碰撞检测算法

碰撞检测算法主要有:包围盒检测算法、距离计算的碰撞检测算法、维诺图的碰撞检测算法^[10]。

包围盒法^[11-12]的思想是使用简单的几何体来代替复杂的几何体。先对物体的包围盒进行粗略的检测。当对两个物体碰撞检测时,首先检查两者的包围盒是否相交,如果不相交,则说明两个物体未发生碰撞,否则再进一步对两个物体做检测。由于车辆的俯视投影与长方形相近,所以可以快速地生成包围盒,从而大大加快和简化了碰撞检测算法。有这样的几种包围体:包围球体^[13]、AABB 包围体、OBB 有向包围体^[14]、k-DOP 包围体^[15]、QuOSPO 包围体等。而最常用到的是前 4 种包围体类型,如图 1 所示。



图 1 包围盒的分类

由于普通的汽车俯视图与矩形相近,所以在包围盒建立时,有以下几种选择:

图 1(a)包围球定义为包含物体的最小球体,但是包围球相对汽车俯视图紧密性太差(如果实际没有检测到两车相撞,而程序却有可能检测到)。图 1(b)AABB 包围体定义为沿着坐标轴的包围盒,它是包含着几何对象,并且各边平行于坐标轴。AABB 包围体构建快速,相交测试简单,而且对内存的开销也有很大的好处。虽然 AABB 包围体紧密性优于包围球,但是当车辆发生侧撞的时候,此时车辆不平行于坐标轴,则它将出现较大的空隙,从而导致检测的误差加大。图 1(c)OBB 包围体较前两种包围盒有着明显的优势,不仅紧密性好,而且可以旋转,是车辆碰撞检测中的首选。但是该算法缺点是计算方法比较复杂,时间开销增加,效率不高。图 1(d)k-DOP 包围体较前几个包围盒紧密性最好,但是对于车辆的碰撞检测的优势不是很明显,而且它计算方法是最复杂的,时间开销也很大。所以文中采用 OBB 碰撞检测算法对车辆碰撞进行检测。

2 OBB 包围盒算法

2.1 算法原理

OBB 有向包围盒是由 Gottschalk 等人于 1996 年提出的,OBB 包围盒算法曾一度作为评价碰撞检测算法的标准。基于 OBB 的碰撞检测算法综合性能最好。在这个算法中,关键在于包围盒最佳方向的确定,最佳方向必须保证在该方向上包围盒的体积最小。Gottschalk 等提出一种计算三角形网格体的 OBB 包围盒的方法来构建物体的 OBB 包围盒。具体步骤如下:

Step1:利用物体上所有凸壳的顶点坐标向量获取平均向量 μ ,第 i 个三角形的顶点用 x^i, y^i, z^i 来表示, n 是三角形面的个数。

包围盒的中心位置为:

$$\mu = \frac{1}{3n} \sum_{i=0}^n (x^i + y^i + z^i)$$

Step 2: 由平均向量计算出协方差矩阵 Q , 如下:

$$Q_{jk} = \frac{1}{3n} \sum_{i=0}^n (x_j^i x_k^i + y_j^i y_k^i + z_j^i z_k^i), (1 \leq j, k \leq 3)$$

其中, $x_j^i = x_j^i - \mu$, $y_j^i = y_j^i - \mu$, $z_j^i = z_j^i - \mu$, x, y, z 均为三维向量; Q_{jk} 为 3×3 的协方差矩阵中的元素。

Step 3: 求出协方差矩阵 Q 的特征向量, 确定 OBB 包围盒局部坐标的三个轴向。由于协方差矩阵 Q 是对称矩阵, 其三个特征向量相互正交。将这三个特征向量单位简化后, 设定它们为凸快 OBB 包围盒的局部坐标的三个轴向 (d_0, d_1, d_2)。

Step 4: 将凸壳的所有顶点分别向三个轴向 (d_0, d_1, d_2) 投影。利用三个轴向上的最大最小投影距离差定位 OBB 包围盒的大小。

$$\sigma_0 = \max(d_0, v_i)$$

$$\sigma_1 = \max(d_1, v_i)$$

$$\sigma_2 = \max(d_2, v_i)$$

$$\omega_0 = \min(d_0, v_i)$$

$$\omega_1 = \min(d_1, v_i)$$

$$\omega_2 = \min(d_2, v_i)$$

Step 5: 计算 OBB 包围盒的中心为: $\frac{1}{2}(\sigma_0 + \omega_0)d_0$

$+\frac{1}{2}(\sigma_1 + \omega_1)d_1 + \frac{1}{2}(\sigma_2 + \omega_2)d_2$ 。将要包围的几何体的顶点向方向轴上投影, 找出各方向轴的投影区, 各投影区间的长度就是所要求的包围盒相应的尺寸。

得到包围盒后, 通过对包围盒的各条边是否相交的判断来确定是否发生碰撞。由于车辆的碰撞一般只发生在同一平面上, 即车辆的包围盒在道路平面上的投影。所以对于 OBB 碰撞检测算法又得到了更大的优化。根据车辆的行驶特性, 不需要考虑车垂直地面的平面是否发生相交, 只需要判断车辆在地面投影的矩形区域是否相交即可。把碰撞主要分为正面碰撞、追尾碰撞和侧撞三种, 仅对此三种情况进行检测。

2.2 OBB 包围盒数量的控制

如果路段上车流量过大, 对每辆车进行包围盒建立, 势必给计算机带来严重的负荷, 所以需要提出包围盒数量的控制方法。此时, 可以将车辆环境分为两个阶段。第一个阶段, 可以设置一个距离阈值, 来判断可能碰撞的区域; 第二阶段是对可能碰撞区域的车辆进行包围盒的建立, 以便更精确地发现是否发生了碰撞, 从而大大减少了包围盒的数量。

3 交通事故检测

交通事故类型可分为一维碰撞和二维碰撞, 是根据速度的方向来确定。一维碰撞是指两辆车运动始终保持一条直线, 两个车辆的运动状态仅仅由一个坐

标轴就可以描述。一维碰撞分为正面碰撞和追尾碰撞。正面碰撞的两辆车在碰撞前运动方向相反, 而追尾碰撞的两辆车相撞前是在同一个方向上, 由于后方的车辆速度比前面一辆快, 后面的车头会触及前面一辆车的尾部。当两辆车运动速度的方向呈一定夹角, 则属于二维碰撞。

3.1 一维碰撞

一维碰撞中, 两车在同一水平线上, 当两车中心的连线等于两车从中心到前端面的距离和时, 即判定两车相撞, 如图 2 和图 3 所示。程序计算出两车的重心距离时, 用 $p_1 p_2 - a_1 - a_2 < E$ 来判断碰撞的发生。对追尾也可以用 $p_1 p_2 - a_1 - a_2 < E$ 来判断。其中 E 是很小一段距离, 由于程序每隔一段时间间隔, 会计算出重心坐标, 所以要假设 E 是一段很小的距离, 它与程序计算时间间隔大小和碰撞车速有关。

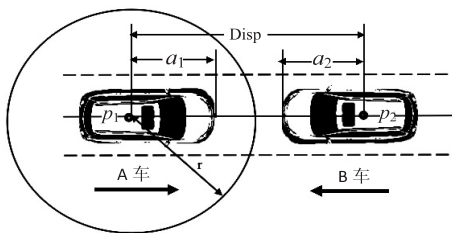


图 2 正面相撞

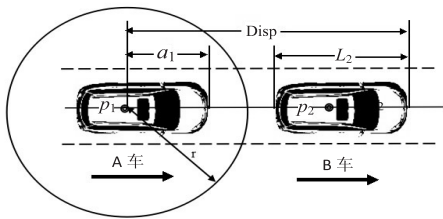


图 3 追尾相撞

3.2 二维碰撞

二维碰撞相对一维碰撞判断条件要复杂得多。OBB 包围盒算法采用分离轴理论, 即如果能找到一条轴, 使得两个物体在该轴上的投影互不重叠, 那么这两个物体就是不相交的。那么要计算两个 OBB 是否碰撞, 只需要计算它们的 4 个坐标轴上的投影是否有重叠, 如果有, 则两多边形有接触, 如图 4 所示。这也可

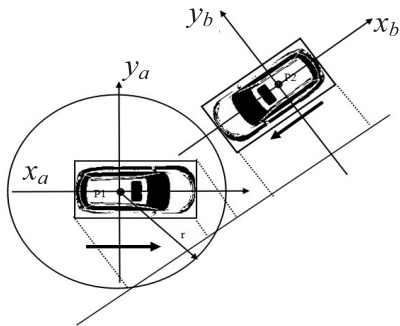


图 4 侧面相撞

以扩展到任意多边形的两个 OBB 体在一条轴上的投影不相交,那么这就是一根分离轴。如果找不到一根这样的轴,则两个包围盒相交。拿两个 OBB 的中心点连线在坐标轴上的投影长度和两个矩形投影半径之和进行对比,如果半径之和都小于或者等于中心连线之和才判定为碰撞,否则判定为分离状态。

4 实验结果

采用 VC++、OpenGL 实现了车辆的碰撞检测。车辆在进入另一辆车安全距离时,采用 OBB 碰撞检测算法对车辆进行包围盒建立,能够准确快速地检测到碰撞的发生。由于视频来源有限,理想的一维碰撞和二维碰撞情形很难得到。所以对车辆的包围盒投影进行了一定角度的变换,实验结果如表 1 所示。

表 1 两种碰撞检测

碰撞分类	平均所需 时间/s	检测事故 发生量	实际事故 发生量	检测准 确率/%
一维碰撞	0.58	20	17	85
二维碰撞	1.23	20	18	90

影响准确率的主要因素有很多,比如天气、光线,因此会出现一定的误差。另外,当两车距离过于靠近,但是没有发生碰撞时,也会出现误判的情况。由表 1 可知,文中方法准确率高,判断所需时间短,有一定的实用价值。图 5 为程序部分截图,描述了两辆汽车发生事故的过程。

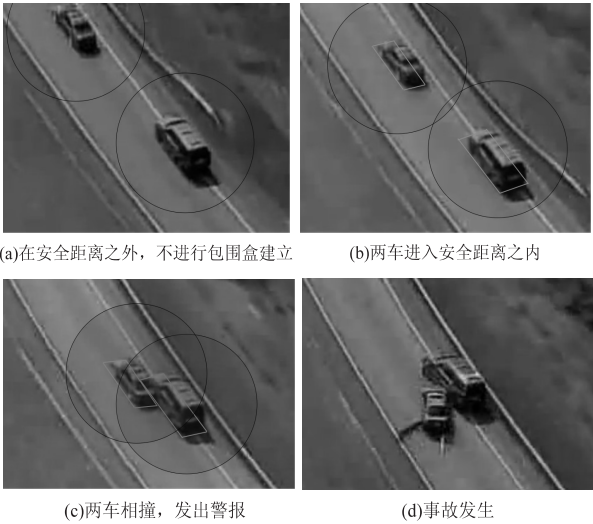


图 5 检测过程

5 结束语

在检测交通事故过程中,文中首先对运动车辆设定一个固定半径的圆形范围定义为安全距离,可排除大部分暂时没有可能发生事故的车辆。其次对车辆距离小于二倍安全距离的车辆以 OBB 碰撞检测算法进行包围盒建立,并对 OBB 包围盒的建立方法进行简化,利用包围盒的水平平面投影是否相交来判断是否

发生事故。最后通过两个矩形在同一根轴上的投影是否重合来判断是否发生碰撞,投影轴共有四根,就是两个矩形的方向轴。文中提出用 OBB 碰撞检测算法是因为该算法计算量小、速度快、准确性高等优点,具有实用价值。但是这种检测方法只适用于高速公路上的检测。如果在复杂场景下则很难判断,例如车辆与行人的碰撞、车辆与建筑物的碰撞等。相对车辆而言,行人与建筑物的包围盒建立会复杂很多,包围盒的算法还有待改进和加强,这将是进一步的研究目标和方向。

参考文献:

[1] Cheu R L, Srinivasm D, Teh E T. Support vector machine models for freeway incident detection[C]//Proc of intelligent transportation systems. [s. l.]:IEEE,2003:238-243.

[2] Srinivasan D, Jin Xin, Cheu R L. Evaluation of adaptive neural network models for freeway incident detection[J]. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2004, 5(1):1-11.

[3] 梁新荣,刘智勇,孙德山,等. 基于支持向量机的高速公路事件检测[J]. 计算机工程与应用,2006,42(14):212-213.

[4] 裴瑞平,梁新荣,刘智勇. 基于小波变换和 LS-SVM 的事件检测算法[J]. 计算机工程与应用,2007,43(1):229-231.

[5] 罗向龙,高静怀,牛国宏,等. 交通事件小波分解与支持向量机声频识别方法[J]. 交通运输工程学报,2010,10(2):116-121.

[6] 张秀红,陈力,胡刚. 基于 RBF 的城市快速路交通异常事件自动检测算法分析[J]. 交通科技与经济,2011,13(2):5-8.

[7] 武林芝,陈淑燕,郑小花. 基于主分量分类的交通事件自动检测算法[J]. 计算机工程与应用,2011,47(1):245-248.

[8] 姜桂艳,温慧敏,杨兆升. 高速公路交通事件自动检测系统与算法设计[J]. 交通运输工程学报,2011,1(1):77-81.

[9] 陈德旺,余勇,祝陶美. 城市快速路三维集成交通事件自动检测算法[J]. 中国公路学报,2011,24(5):94-99.

[10] 王志强,洪嘉振,杨辉. 碰撞检测问题研究综述[J]. 软件学报,1999,10(5):545-551.

[11] Baraff D. Interactive simulation of solid rigid bodies[J]. IEEE Computer Graphics and Applications,1995,15(3):63-75.

[12] Kamat V V. A survey of techniques for simulation of dynamic collision detection[J]. Computer & Graphics,1993,17(4):379-385.

[13] Plmer L J, Grimsdale R L. Collision detection for animation using sphere-trees[J]. Computer Graphics Forum,1995,14(2):105-116.

[14] Gottschalk S, Lin M, Manocha D. OBB tree: a hierarchical structure for rapid interference detection[C]//Proceedings of SIGGRAPH. New Orleans,LA:[s. n.],1996:171-180.

[15] Jimenez P, Thomas F, Torras C. 3D collision detection: a survey[J]. Computers & Graphics,2001,25:269-285.

一种基于OBB包围盒算法的交通事故检测方法

作者：[刘纬琪](#)，[王夏黎](#)，[荆树旭](#)，[LIU Wei-qi](#)，[WANG Xia-li](#)，[JING Shu-xu](#)

作者单位：[长安大学 信息工程学院, 陕西 西安, 710064](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2014(10)

引用本文格式：[刘纬琪](#).[王夏黎](#).[荆树旭](#).[LIU Wei-qi](#).[WANG Xia-li](#).[JING Shu-xu](#) 一种基于OBB包围盒算法的交通事
[故检测方法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2014(10)