

基于 WTK 平台的车辆训练模拟器特殊地形匹配算法设计与探讨

郭永梅 张雪兰 倪树祥

(北京理工大学计算机系 北京100081)

Abstract This paper introduces the structure, function and feature of WTK, a kind of platform for development of Virtual Reality. Based on the platform of WTK, an algorithm of terrain matching for tracklayers was discussed.

Keywords Virtual reality, WTK, Upright ray

一、前言

虚拟现实(Virtual Reality)是近年来十分活跃的高新技术领域,而训练模拟器则是虚拟现实技术在军事训练上的典型应用,为了减少训练费用、提高安全性、减轻对环境的影响(爆炸和坦克履带会严重破坏训练场地),世界各国都非常重视研制武器训练模拟器。再加上近年来,计算机技术、激光技术、传感器技术和虚拟现实技术的飞速发展,为研制更加逼真的训练模拟器创造了条件,因而各国已研制成了各种各样的训练模拟器。WTK 是由美国 Sense8公司开发的虚拟现实的应用工具软件。它是为实现高性能,实时3D图形应用程序所设计的高级跨平台开发环境,可运行于包括PC机在内的各类硬件平台。

作为虚拟现实系统的开发工具,WTK拥有函数库和终端用户开发工具,可以创建、管理、应用程序并使其商业化。WTK是一个拥有上千条函数的库,这些用C语言编写的函数能使用户快速开发应用程序。通过使用高级的应用编程接口(API),用户可以快速建模、扩展和构造所需要的应用程序。

二、WTK 开发平台概述

WTK集成了模拟管理器、实时描绘器、目标管理器、遥感器输入和图形显示装置,拥有创造、管理以及商品化应用程序所需的函数库和终端用户开发工具。借助应用程序接口(API),WTK还可支持基于网络的分布式模拟以及头盔显示器、漫游控制等多种控制工具。

一个典型的基于WTK的系统由以下元素组成:主计算机、WTK库、C编译器、3D建模程序包、图像获取卡/硬件、位图编辑软件、硬件加速图形板和内存管理系统。

WTK的特点

作为虚拟现实开发平台,WTK主要有以下几个特点:

1)WTK的函数库提供了1000多个功能各异的函数,可以使用户在很短的时间里建立起实时的虚拟现实应用程序。

2)WTK采用一种场景图的方式组织场景中的对象,这种方式将场景中的对象以树的形式组织在一起并按照深度优先搜索的顺序访问各个对象。

3)WTK通过一种称为仿真循环(Simulation Loop)的核心技术来实现对虚拟现实应用程序中全部时间和任务的处理。这种工作方式可以最大限度的利用系统可用资源,从而在同一平台上达到最佳的视觉效果。

4)WTK可以实时、高速地将纹理粘贴在三维物体的表面上。

5)在对模型对象的存取和维护方面,WTK除提供了一套自己所特有的完整的三维模型文件格式(NFF文件和BFF文件)外,还广泛支持当前世界上流行的其他三维计算机辅助设计系统所支持的文件格式。

6)在虚拟现实环境中,WTK提供了丰富的光照模式,除支持环境光以外,在同一场景中还可同时支持最多八个点光源、锥光源和方向光源,因此,可以创建非常逼真的三维空间。

7)WTK支持丰富的外接虚拟现实设备——头盔式显示器、跟踪系统、轨迹球等。

8)WTK提供了一套跨平台的应用编程接口(API)用以创建三维立体声音效果。

三、地形匹配算法探讨

对于整个模拟系统而言,要求在系统开始运行以后的任何时刻,都要正确处理控制者输入的任何指令,对于驾驶员输入的指令而言,系统要实现坦克的整体移动,在移动过程中实现各种地形地物的匹配,以及对各种碰撞的检测和处理,本文主要针对履带式车辆如坦克和各种地形匹配算法进行分析和具体实现。

真实世界中的坦克,是一套极为复杂的机械系统,如果在计算机中进行非常真实的模拟,需要建立一个非常庞大而复杂的模拟系统,因此在系统建模的过程中,要对坦克进行简化,以减小模型的复杂程度;但为了保证模拟的真实性,同时考虑模拟的精度,因此要对简化的过程进行统筹考虑,采取最优方案,以满足系统的要求。在简化过程中,需要满足以下最基本的要求:

要对履带进行比较精确的模拟。坦克在漫游过程中,要易于实现地形匹配以及和其它物体的碰撞检测,运行时的姿态也要基本符合真实场景中的实际运行状态,对于俯仰和侧倾的处理要符合实际要求。

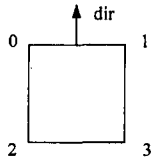


图1 坦克模型示意图

系统要实现坦克的整体移动,在移动过程中实现各种地形地物的匹配,以及对各种碰撞的检测和处理。在地形匹配算法中,不同的地形匹配有不同的考虑。对于训练场地中大部分比较平整的地形,取得在任意时刻坦克的前后四个顶点的高度坐标,根据这四个点所组成的长方形(如图1)应该满足的条件进行调整,使得四个点的坐标满足这个条件,然后确定坦克整体的姿态即可,因为坦克的X和Z坐标可以通过坦克的方向及速度很容易得到,所以这里着重考虑如何求高度值(在 WTK 中约定用 Y 轴来表示纵向的高度)。而对于一些比较特殊的地形,如土

岭,弹坑,涵洞等,则需要针对其特点进行专门的处理。本文将主要以土岭和弹坑为例。

在此首先介绍垂直射线法,因为无论是普通地形还是特殊地形都需要用到垂直射线法,垂直射线法可用来取得场景中给定点 pos(x, y, z)处的高度值 y,实现的方法是:

(1)选定一个场景中超过所有地形地物高度的高度 TOPHEIGHT。

(2)通过点 top(x, TOPHEIGHT, z)沿着 Y 轴正方向 dir(0, 1, 0)作垂线,从而取得(x, z)所在点的高度值。如图2所示。

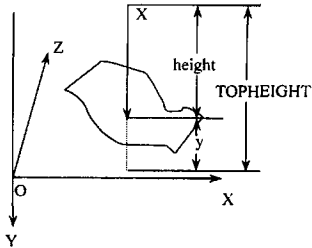


图2 垂直射线法

需要注意的是,由于坐标系的原因,系统中 Y 轴正方向和地形的高度的方向正好相反,这里所使用的 TOPHEIGHT 为一负值,而得到的 height 为一正值,y 的符号由两者的和决定。

1. 土岭的地形匹配算法

在仿真中,考虑到实际的训练要求,设计坦克沿着 Z 轴的正方向和反方向通过土岭(图1为土岭的三视图)。系统在处理过程中,要知道土岭的轮廓如图1. a 所示。

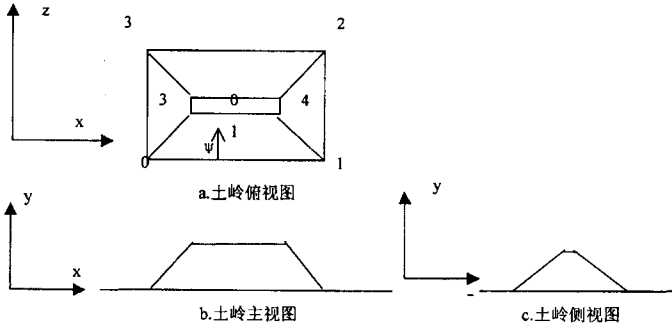


图1 土岭视图

土岭有5个面:0,1,2,3,4,其中0为顶面,1,2,3,4为土岭的4个侧面。把土岭的1,2,3,4面的外轮廓

线的垂直线(如图1.a中的 ψ)与X轴的夹角定义为该面的角度 a ,通过坦克的方向角 dir 与 a (坦克重心所在面的角度,这里约定车辆的重心为长方形的几何中心)的夹角 r 来确定坦克的大致姿态即选择着地点,而且坦克重心位于土岭顶部上与位于其它四个面时算法有所不同。其中夹角 r 始终保证为正值,即:

$$r = a - dir \quad (a - dir) \geq 0 \text{ 时}$$

$$r = a - dir + 360^\circ \quad (a - dir) < 0 \text{ 时}$$

(1)当坦克重心位于土岭顶部上时,若 dir 和面3方向角一致或与面4方向角一致,四个点都用垂直射线法取高度。否则四个点都用顶点高度

(2)当坦克重心位于其1,2,3,4面上时,按车辆与其重心所在的土岭面的夹角的不同来确定车辆的姿态即确定车辆的0,1,2,3四个点的高度值,算法如下:

a. 当 $270^\circ < r < 360^\circ$, $(dir - a)$ 的绝对值 $> 45^\circ$ 或 $180^\circ < r < 270^\circ$, $(dir - 180^\circ - a)$ 的绝对值 $> 45^\circ$ 时

1. 用垂直射线法求点1,3高度

2. 若点1,3不在土岭的同一个面,则验证1,3之间是否有阻挡,如果有阻挡,则抬高点1,3中不在当前的土岭面上的点至两点间不再有限挡

3. 取0点用垂直射线法取高度

4. 计算得到点2的高度。(因为点0,1,2,3构成一个长方形,点2的高度可以通过其它三个点的高度来计算得到)

5. 检验点2的高度是否低于土岭,若低于土岭,则取点2用垂直射线法取高度,计算0

6. 若点0,2不在土岭的同一个面时,验证0,2之间是否有阻挡,有则同时抬高0,2至两点间不再有限挡

b. 当 $90^\circ < r < 180^\circ$, $(dir - 180^\circ - a)$ 的绝对值 $> 45^\circ$ 度或当 $0^\circ < r < 90^\circ$, $(dir - a)$ 的绝对值 $> 45^\circ$ 度时

1. 用垂直射线法求点0,2高度

2. 若点0,2不在土岭的同一个面时,验证0,2之间是否有阻挡,有则抬高点0,2中不在当前的土岭面上的点至两点间不再有限挡

3. 取点1直接用垂直射线法取高度

4. 计算点3

5. 检验点3的高度是否低于土岭,若低于土岭,则取点3直接用垂直射线法取高度,计算点1

6. 若点1,3不在土岭的同一个面时,验证1,3之间是否有阻挡,如果有阻挡,则同时抬高1,3点至两点间不再有限挡

c. 当 $180^\circ < r < 270^\circ$, $(dir - 180^\circ - a)$ 的绝对值 $< 45^\circ$ 度时。或当 $90^\circ < r < 180^\circ$, $(dir - 180^\circ - a)$ 的绝对值 $(r) < 45^\circ$ 时

1. 取0,1点直接用垂直射线法取高度

2. 若点0,1不在土岭的同一个面时,检验0,1之

间是否有阻挡,如果有阻挡并且阻挡的高度高于已知的底盘高度,则给出位置非法信息,并恢复到车的前一个状态位置

3. 否则(0,1不在土岭的同一个面或阻挡物未高于底盘高度或没有阻挡时),取2直接用垂直射线法取高度

4. 计算点3的高度

5. 检验3是否低于土岭,低于土岭,则取3直接用垂直射线法取高度,计算点2

6. 检验点0,2之间是否有阻挡,有则同时抬高点0,2至两点间不再有限挡

7. 同理,1,3点也按6的方法验证处理

8. 检验2,3之间是否有阻挡,如果有阻挡并且阻挡的高度高于已知的底盘高度,则给出位置非法信息,并恢复到车的前一个状态位置

d. $270^\circ < r < 360^\circ$ 或 $0^\circ < r < 90^\circ$ 且 $(dir - a)$ 的绝对值 $< 45^\circ$ 度时

1. 取点2,3直接用垂直射线法取高度

2. 若2,3不在土岭的同一个面时,则需要检验2,3之间是否有阻挡,并检查阻挡物的最高点是否高于车的底盘高度,如果高于底盘,则给出位置非法信息,并恢复到车的前一个状态位置

3. 否则(点2,3不在土岭的同一个面或阻挡物未高于底盘高度或没有阻挡时),取点0直接用垂直射线法取高度

4. 计算点1的高度

5. 检验点1是否低于土岭,如果低于土岭,则取点1用垂直射线法取高度,计算点0

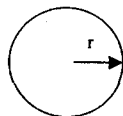
6. 检验点1,3之间是否有阻挡,有则同时抬高点1,3至两点间不再有限挡

7. 同理,0,2点也按6的方法验证处理

8. 检验0,1之间是否有阻挡,如果有阻挡并且阻挡的高度高于已知的底盘高度,则给出位置非法信息,并恢复到车的前一个状态位置。

2. 弹坑的地形匹配算法

处理弹坑的算法时最主要的是要考虑车辆的特征点即车的重心0,1,2,3点是否都在坑的内部,此时我们可以把弹坑抽象为一个在XOZ面上的圆形,而车重心0,1,2,3点则可以用它们在XOZ面上的投影来考虑,这样一来我们可以把车和弹坑的关系分三种情况进行考虑:1. 车的重心在圆外。2. 车的特征点都在圆内。3. 车的重心在圆内,但是其它四个点不全在圆内。



(1)当车的重心在圆外时,弹坑对于车的姿态没有影响,这时只需按弹坑周围的普通地形来计算车辆的位置姿态即可,不需要考虑弹坑的存在。

(2)车的特征点都在圆内

a. 用垂直射线法任取车的0、1、2、3点中3个较低的点

b. 计算得到第4个点的高度

c. 验证计算得到点是否低于弹坑,如果低于弹坑则该点用垂直射线法求高度,其相邻的点中相对较高的点(这里所用到的高度是指在a步中用垂直射线法得到的高度值)的高度改为计算得到

(3)车的重心在圆内,但是其它四个点不全在圆内

a. 通过求0、1、2、3点到弹坑中心点的距离是否大于弹坑半径 r 来确定哪个特征点不在坑内

b. 位于坑内的点直接用垂直射线法求高度

c. 当位于坑内的点的个数为1时

设坑内的点为 v

1. 用垂直射线法求与该点同侧的点 m 的高度,并检验两点之间是否有阻挡,如果有则抬高 m 至两点之间无阻挡

2. 用垂直射线法求与 v 相邻的另一个点 n 的高度,并检验两点之间是否有阻挡

如果有且高度高于底盘高度则给出位置非法信息,并恢复到车的前一个状态位置

否则,计算剩下的一个点的高度

d. 当位于坑内的点的个数为2时

1. 若车辆的同侧的两个点位于坑内:任取坑外的一个点垂直射线法求其高度,并检验该点与其相

邻且位于坑内的点之间是否有阻挡

如果有且高度高于底盘高度则给出位置非法信息,并恢复到车的前一个状态位置

否则,计算剩下的一个点的高度,并检验该点是否低于地平线,如果低于地平线则返回到步骤d. 1取另外一个坑外的点,重返以上步骤。

2. 若车辆的非同侧的两个点位于坑内:

任取坑外的一个点垂直射线法求其高度,并抬高该点至该点与其同侧的点之间无阻挡

计算剩下的一个点的高度,并检验该点与其同侧的点之间是否有阻挡,如果有阻挡则返回到步骤d. 2坑外的另一个点重复以上步骤

e. 当位于坑内的点的个数为3时

1. 用垂直射线法求所有位于坑内3个点的高度

2. 计算坑外的点的高度

3. 检验该点与其相邻的点之间是否有阻挡

如果与该点相邻的2个点中位于其同侧的点低于另外一个相邻点,则同时抬高该点和非同侧相邻点,直至该点与其同侧点之间无阻挡。

如果与该点相邻的2个点中位于其同侧的点高于另外一个相邻点,则同时抬高该点及其同侧相邻点,直至两点之间无阻挡为止。

应当注意的是,在以上的两种算法中,应考虑在判断两点之间是否有阻挡,既要保证误差尽量小,又要考虑系统开销不能太大,影响到系统运行速度。

参考文献

- 倪树祥. 北京理工大学学位论文

计算机科学

(1974年1月创刊)

第29卷第11期(专刊)

2002年10月30日出版

ISSN 1002-137X
中国标准刊号: CN50-1075/TP

邮发代号: 78-68

发行范围: 国内外公开

主管单位: 国家科学技术部

主办单位: 国家科技部西南信息中心

编辑出版: 《计算机科学》杂志社

重庆市渝中区胜利路132号 邮政编码: 400013

电话: (023) 63500828 E-mail: jsjxx@swic.ac.cn

社长: 牟炳林

主编: 朱宗元

印刷者: 重庆科情印务有限公司

总发行处: 重庆市邮电局

订购处: 全国各地邮政局

国外总发行: 中国国际图书贸易总公司(北京399信箱)

国外代号: 6210-MO