

# 基于粒子系统的海洋环境仿真<sup>①</sup>

王 琪, 邓会亨, 马 璐

(南昌航空大学 信息工程学院, 南昌 330063)

**摘 要:** 随着计算机仿真技术的不断发展, 海洋环境仿真在许多领域有着越来越广泛的应用, 但是如何生成一个逼真的海洋环境一直是困扰着我们的关键问题. 详细分析了海洋模型和艏浪特效的仿真, 采用了 Visual Studio 2003.net 和 Vega Prime 软件, 在开发过程中加入了粒子系统, 仿真出比较逼真的海洋环境, 给人以身临其境的感觉.

**关键词:** 粒子系统; Vega Prime; 多线程; 海洋模型; 艏浪

## Marine Simulation Based on Particle System

WANG Qi, DENG Hui-Heng, MA Lu

(School of Information Engineering, Nanchang Hangkong University, Nanchang 330063, China)

**Abstract:** With the unceasing development of computer simulation technology, Marine environmental simulation becomes more widely used, but it is still a tough and critical issue which work against us to build a vivid environment. The paper detailed analysis of ocean model and bow wave special effect simulation, shows how to build a Virtual Marine environmental by Visual Studio 2003.net and Vega Prime, the introduction of Particle system during the development process makes it more realistic and immersive.

**Key words:** particle system; vega prime; multi-thread; ocean model; bow wave

海洋是人类社会赖以生存和发展所不可缺少的物质和能量源泉, 约占地球表面积的 71%. 大规模的海面场景模拟一直是计算机图形学领域中的难点, 能够仿真出一个逼真的海洋环境意义十分重大, 它将有广泛的应用前景.

虚拟现实技术是当前仿真领域中的一个热点, 它是一种由计算机和电子技术创造出来的新世界, 是一个看似真实的模拟环境, 强调了人在虚拟环境中的主导作用. 通过多种传感设备, 用户可根据自身的感觉, 对虚拟世界中的物体进行考察和操作, 参与其中的事件, 同时提供视、听、触等直观而又自然的实时感知, 并使参与者“沉浸”于模拟环境中<sup>[1]</sup>. 本文的主要工作是采用合适的方法提高海洋环境模拟的真实感和实时性.

## 1 粒子系统

在海洋环境仿真中, 有些诸如艏浪、舰浪、拍岸

浪等不规则对象的特效仿真, 它们不仅有复杂的逻辑结构, 而且还会动态地发生变化, 很难用传统的几何方式来模拟. 粒子系统是迄今为止计算机图形学中用于描述不规则对象最成熟的理论之一, 也是视景仿真领域模拟自然现象和特殊效果的方法中视觉最好的一种. 粒子系统的基本思想是, 采用大量的、具有一定生命和各种属性的微小图元作为基本元素来描述不规则对象, 每个粒子都有颜色、形状、大小、速度、方向、生命周期等相关属性, 而其中的很多属性都可以是时间的函数. 随着时间的推移, 每个粒子都会经历“产生”、“活动”和“消亡”三个阶段<sup>[2]</sup>.

粒子系统是一个动态而非静态的系统, 其动态变化的过程就是众多新粒子产生和旧粒子灭亡的过程. 粒子在运动的过程中改变形状, 从而表现出景物形态和特征的动态变化. 粒子系统的建模过程如图 1 所示<sup>[3]</sup>.

<sup>①</sup> 收稿时间:2012-08-05;收到修改稿时间:2012-09-10

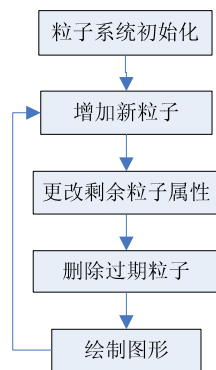


图 1 粒子系统建模过程

## 2 系统设计

视景是虚拟现实中的重要组成部分,其作用相当于一个人的眼睛。三维实景是实现整个视景系统的核心和关键,三维场景只有在实时显示的情况下才能有比较好的临场感,能让用户沉浸在其中。

本系统的三维视景系统的框架如图 2 所示。首先是建立三维视景系统中各个实体的模型。它可以通过两种方式来实现,一种是通过编程来实现,另外一种就是通过三维建模软件来实现。由于在程序中编程建立模型非常困难,而使用三维建模工具来实现则会简单的多,本文主要是通过三维建模工具 Creator<sup>?</sup>来实现。然后通过运行于 MFC 平台上的 Vega Prime 的图形用户界面 Lynx 调用这些三维模型,完成场景的创建和设置,并将其保存成一个 ACF 文件,在 Visual C++ 中调用 ACF 文件和 Vega Prime 的函数库建立 Vega Prime 的应用,完成整个三维视景的驱动及渲染。

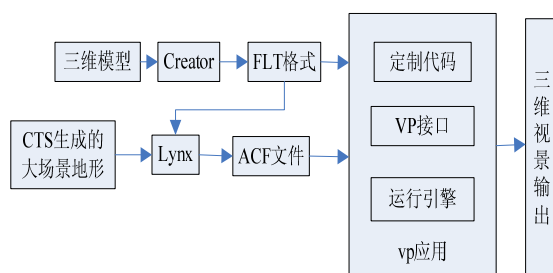


图 2 三维视景系统实现框架

## 3 海洋环境模拟

海洋环境指的是从海空到海底的整体海洋环境,包括很多方面的内容,如:海浪、海滩、海水颜色、潮汐、漂浮物、陆地等。这些都是与人的视觉直接相关,这些信息模拟的越逼真,则给人的真实感越强。这些

信息需要进行实时地渲染循环,这是一个非常浪费时间的运行过程,应该创建多线程来实现。系统通过一种循环的方式为线程提供时间片,因为时间片相当短,因此给用户的感觉就好像是多个线程是同时运行的,从而提高了应用程序的运行效率<sup>[4]</sup>。

### 3.1 海洋模型

Vega Prime 中有四种海洋模型。第一种为 vpMarineOceaFixedLocation, 可以生成海港等静态的固定区域的海洋;第二种为 vpMarine OceanObserverCentered, 以视点为中心,设定一个定长为半径,动态生成海洋网格;第三种为 vpMarine OceanSurfZone, 用于生成拍岸浪效果的固定海洋区域,第四种为 vpMarineOceanTechnique, 可以生成大面积的不规则海洋区域。在本文中我们选择第三种海洋模型,由于虚拟海洋场景十分复杂,必须要对其进行必要的简化,这主要采用 LOD(level of detail)细节层次技术来实现<sup>[5]</sup>。它根据物体模型的节点在显示环境中所处的位置和重要度,决定物体渲染的资源分配,降低非重要物体的面数和细节度,从而获得高效率的渲染运算。当观察者离地物较远时,不加载地物模型。只有当地物距观察者的距离小于某一固定值时,才动态添加地物模型。

在虚拟海洋中,海浪是场景中最主要的要素,模拟海浪的真实性往往在很大程度上决定了仿真结果的可信性。海浪的建模方法较多,针对各种不同的方法提出的计算机仿真方法也很多。一般的,海浪建模方法可以分为四类<sup>[6]</sup>,它们分别是基于几何的建模,基于动力模型的建模,基于物理的建模和基于海浪频谱的建模。Vega Prime 中的海洋模块所使用的方法是基于海浪频谱的建模,通过快速傅立叶变换(FFT)合成一个类似于真实海浪谱分布的高度场。Longuet-Higgin 模型就是一种描述二维不规则长峰波海浪模型。其基本思想是:波动被看作是有无限多个频率不等、振幅不同、初相位各异,并且在 X,Z 平面上与 X 轴成不同角度  $\theta$  方向传播的简单余弦波叠加而成。公式如下所示:

$$\eta(x, z, t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos[k_n(x \cos \theta_n + z \sin \theta_n) + \omega_n t + \varepsilon_n]$$

式中:  $\eta(x, z, t)$  为  $(x, z)$  位置在  $t$  时刻的海面高度;  $a_n$ ,  $k_n$ ,  $\omega_n$  分别是第  $n$  次谐波的波幅、波数和角频率;  $\theta$  为主波方向;  $\varepsilon_n$  为初始相位。

### 3.2 海洋特效的仿真

海洋特效主要包括舰船航迹、海水泡沫、倒影、拍岸浪等数十种效果。这些效果很难用传统的几何建模的方法来模拟，主要采用粒子系统来实现，下面以舰船艏浪为例来介绍海洋特效的仿真。

舰船艏浪位于船的首部，它是海水与船头发生碰撞而形成的浪花。它很难用几何建模的方法来实现，这里我们就用粒子系统来模拟。艏浪的形成区域近似为 V 形，粒子就在这 V 形区域内运动，艏浪示意图如图 3 所示。Offset 表示的是从船的原点到艏浪开始产生的地方的距离，angle 表示的是艏浪从船的中心线溅出的角度，width 为艏浪刚开始产生时的宽度，length 代表的是艏浪的长度。这些参数都可以通过 Vega Prime 中的 MarineShip 类来设计实现，根据舰船的型号和大小来设定相对应的艏浪参数。

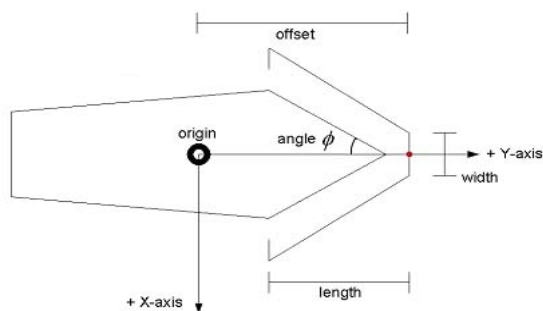


图 3 艏浪示意图

Vega Prime 中有两种艏浪模型，一种是角度形式船头波浪效果，另一种是平坦模式船头波浪效果。首先设置好粒子系统的最大粒子数目，粒子的数目不是固定不变的，但是粒子的总数不能超过这个设定的最大值。其次设置粒子释放的时间间隔，到了粒子释放的时间，就重新加入一定数量的新粒子。然后，设置粒子的生命周期，生命周期结束了，粒子也就消亡了。粒子在场景中的运动是不规则的，是一个随机的过程。结合当时风速，风向等因素的影响，每个粒子以一个速度和角度发射，遵循重力原则，运动一段时间后落回水面。为简化计算，在该粒子系统中不考虑粒子之间的碰撞对粒子属性的影响，即粒子从产生到消亡，其属性都不会发生变化<sup>[7]</sup>。

### 4 仿真实验

本实验的软件环境为 Windows XP, Visual Studio 2003.net 和 Vega Prime; 硬件环境为 Intel CPU2.0GHz、

1G 内存、1GB DDR2 显卡。通过使用 Vega Prime 的海洋模块，利用多线程技术真实地模拟了海洋特效。粒子系统能很好的表现出各种特殊效果，下面是在海洋环境中引入了粒子系统以后的仿真效果图。

图 4, 图 5 为舰船艏浪仿真效果图，在实验中设定粒子的最大数目为 175，粒子的释放时间间隔为 0.1 秒，粒子的释放数目是 12，粒子的生命周期为 0.8 秒。图 6 为舰船的尾浪，是由于螺旋桨的击水和海水的填充作用在尾部产生的涡流及环流。图 7 为拍岸浪效果图，用于模拟在一段海岸线上波浪逐渐减弱的效果。其思想是在一定的区域内生成波浪，并向海岸线移动，到达海岸线时，产生粒子，模拟浪花。以上仿真结果直观地呈现了艏浪、艏浪和拍岸浪的特效，效果理想逼真，适用于虚拟海战场的实时视景仿真中，也为虚拟海洋的进一步研究提供了参考。



图 4 角度形式船头波浪效果图



图 5 平坦模式船头波浪效果图



图 6 舰船尾浪效果图

(下转第 225 页)

