



虚拟仿真技术在洋浦港管理中的应用

迟 迅

(海南大学 信息科学技术学院, 海南 海口 570228)

摘要: 虚拟可视化技术研究及其应用开发是当今计算机领域的一个研究热点, 也为实现港口视景仿真提供了有效的手段。基于 Open Flight 层次结构和 Vega Prime 视景仿真, 分析了系统架构设计和场景数据库优化管理, 构建港口视景, 并利用 Vega API 在 Visual C++ 环境下实现港口实时漫游的过程。代入改进的泊位分配算法, 为港口建设和交通管理及今后的应急指挥决策提供真实的视景仿真, 开辟港口工作的新途径。

关键词: 三维建模; Vega Prime; 虚拟可视化; 数字港口

中图分类号: U 651 文献标志码: A 文章编号: 1002-4972(2015)12-0133-05

Application of virtual visualization in Yangpu port management

CHI Xun

(College of Information Science and Technology, Hainan University, Haikou 570228, China)

Abstract: Virtual visualization technology research and related application is a research hotspot in today's computer field, which also provides effective means for realizing harbor scene simulation. Based on the Open Flight hierarchies and Vega Prime Visual simulation, this paper analyzes the system architecture design and scene database optimization management and builds the digital port. Using the Vega API in Visual C++ environment, the real-time roaming process of the port is realized. With the improved berth allocation algorithm, this research opens up a new way for port construction and traffic management, and the future real visual simulation of the emergency command decision.

Keywords: three-dimensional modeling; Vega Prime; virtual visualization; digital port

随着国家经济建设的快速发展, 临港工业和海洋运输业得到了迅猛的发展, 港口水域通航环境日趋复杂化, 通航环境的有限性和安全性已得到有关部门的关注^[1]。由于现代航运业的发展, 对港口的泊位分布管理有更高的要求, 以满足港口更高效、更智能的利用。计算机技术和现代测绘技术的迅猛发展, 虚拟现实、多媒体技术和 GIS 的紧密结合, 为空间信息系统的构筑提供了全新的表现方式。虚拟可视化在港口上的应用, 并基

于此进行海上运输工程的研究, 能够给政府部门提供更多的决策支持, 同时也必将成为港口发展和数字港口建设新的研究方向。

随着港口和航运业的发展, 如何更有效地管理和使用港口一直是各方关注的焦点, 以洋浦港为例, 将其三期集装箱码头岸线抽象为一条长度为 1 700 m 的连续性泊位长度直线, 分为 3 个区域: 大型泊位区域岸线长度 900 m, 最大水深 16 m; 中型泊位区域岸线长度 500 m, 最大水深 13 m; 小

收稿日期: 2015-06-01
作者简介: 迟迅 (1989—), 男, 硕士研究生, 从事海洋通信及虚拟可视化研究。

型泊位区域岸线长度 300 m，最大水深 10 m。

如何在区域进行更有效的泊位分配，提高港口工作效率和利用率是本文重点考虑的问题，基于上述考虑，同时为了满足目前“数字港口”将航运、港口管理与最新信息技术相结合的发展需求，研究了虚拟可视化在港口和水运领域的应用，利用图形建模和数据库优化的方式，通过改进的遗传算法，实现了虚拟可视化在港口建设与管理中的应用。

1 系统分析与架构设计

港口虚拟可视化仿真平台系统体系架构见图 1，整体架构主要分为两部分：基于真实条件搭建的三维虚拟场景部分和基于三维图形引擎^[2]及 API 的视觉驱动部分。根据这个架构，理论上可以实现三维层次化模型的建立、可视化引擎的建立、视觉应用程序的开发，在功能上实现海面环境的模拟以及船只在海面运动状态的变化等。

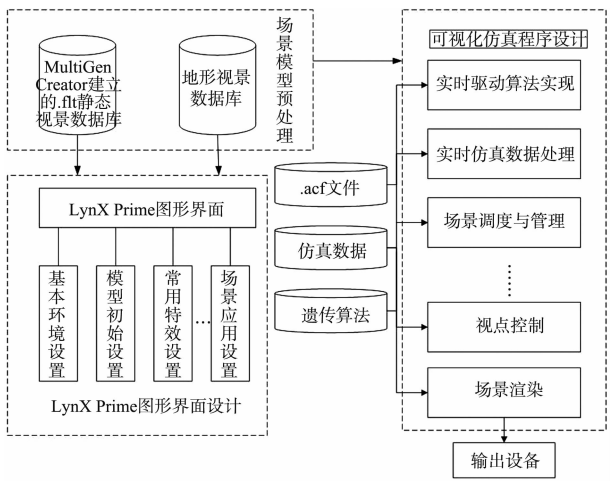


图 1 港口虚拟可视化仿真平台系统体系架构

2 虚拟可视化场景模型预处理及图形界面设计

与传统的三维建模软件包相比，本文采用的 MultiGen Creator 建模软件使用了层次化数据结构——Open Flight 数据格式，用户可以创建、查看虚拟的三维模型及结构，并在同一时间对其状态进行检查和修改，用户还可以方便地调整、移动或者直接修改模型数据库，对优化层次型数据库进行相关操作。

2.1 三维地形数据库

MultiGen Creator 中的地形模块可以产生大面积的准确地形，同时复合模型实时性好、可视化效果佳。该模块可读取 DEM 数据，与真实的纬度和经度坐标相匹配，或者从航空照片及微图像等图片信息中获取地形纹理数据，生成大场景地形模型。通过选择地形/ DED 构建菜单，导入 DEM 数据，转换成 Multigen Creator 专用数据（DED）格式，利用地形菜单输入 DED 文件，完成地形参数的设置，基于地理纬度和经度，数字正射影像纹理映射到地形表面，实现地形模型与实际的风光相一致的纹理映射技术，完成地形建模^[4-5]，实现虚拟可视化场景模型预处理。

2.2 港口船只运动控制

为了自由表示船只的运动过程，vpGeometry 定义了 Vega Prime 几何模型的基本数据结构，内部有类的定义属性，类定义了一个通用的接口，用它来表示其几何特性。

通过软件系统与操作系统的交互实现虚拟仿真时，和类似的其他实时系统一样，Vega Prime 在程序使用之前和之后也是需要初始化的，一个典型的 Vega Prime 应用程序的工作过程如下^[6]：初始化→定义→配置→帧循环→关闭。

Vega Prime 的一个类 vpApp 是基于上述工作过程构建的，所有成员函数在 vpApp 中都是内联虚函数，所有的 Vega Prime 程序都是在此基础上扩展开来的。此处的船只控制与上文所建三维地形相结合，实现了软件平台的图形界面设计。

2.3 可视化仿真程序设计及应用程序循环

按照上述各部分搭建好海上可视化场景之后，能够持续显示和渲染三维场景，其执行位于主循环系统配置结束后，强调帧同步和帧显示这两个步骤，实现 Vega Prime 运行过程中的可视化效果^[7]。利用图 2 的循环框架，完成最终的可视化仿真程序设计及应用程序循环，再代入后文泊位分配算法，最终完成本文软件平台对港口的智能管理。

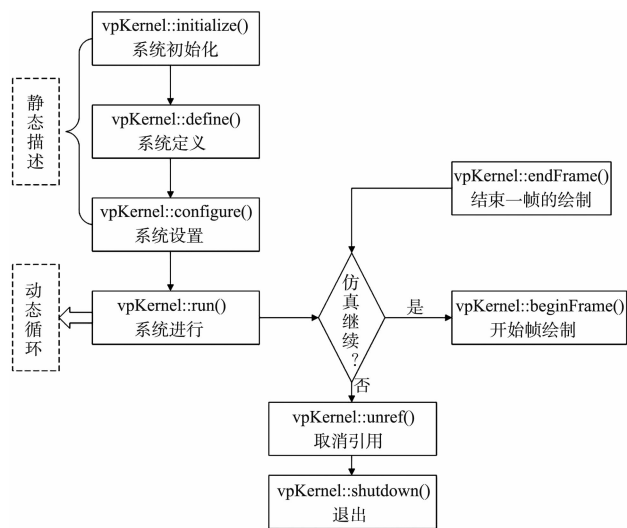


图2 Vega Prime 程序循环框架

3 洋浦港水上交通仿真实现

当船舶进入一个固定的泊位，有必要考虑船舶的泊位停靠时间。

港口的船舶停靠时间是一个服务系统，船舶的到达服从 Poisson 分布，分布函数为：

$$P_n = \lambda^n \cdot e^{-\lambda} / n! \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (1)$$

每个泊位的船舶停泊时服从指数分布，分布函数为：

$$F(t) = \begin{cases} 1 - e^{-\mu t} & t \geq 0 \\ 0 & t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

根据不同类型的船舶在停泊期间的用时，再根据船舶的种类分配给它们对应的停靠时间，采用了统计的方法分析码头装卸子系统对船停港时间的影响。针对船舶停靠和到达的随机性，提出了基于泊位和船只的算法，方便对港口船只进行管理和控制。

根据港口常见船只种类，将船只划分为大型、中型、小型 3 类（表 1）。假设岸桥的集装箱装卸效率为 $v = 100$ TEU/h，船只停靠与装卸时间的长度和集装箱数量有关，根据船只的不同类型，选取各个船只集装箱数量的随机数。经调查，此码头泊位的船只中，70% 的船只为欧美远洋航线和东亚地区的洲内航线；30% 的船只为国内支线。综合上述信息，港口停靠船只的分类标准见表 1。

表 1 船只分类标准

船只类型	满载吃水/m	载质量/万 t	船舶长度/m	船舶长度随机数/m	载箱量/TEU	装卸箱量随机数/TEU
大船	> 16	> 8	> 320	320-409	> 6 000	1 500 ~ 2 500
中船	10 ~ 16	4 ~ 8	250 ~ 320	250 ~ 320	3 500 ~ 6 000	1 000 ~ 1 500
小船	< 10	< 4	< 250	150 ~ 250	< 3 500	500 ~ 1 000

船只只有在预报完其航行动态 72 h 后才能抵港，所以分析首艘船舶抵达港口 72 h 后的停靠时间变化情况，而且假设在泊位分配之前泊位均为空。结合实际的港口情况，各种不同类型的船舶到达概率是不同的，分别设为大船到港概率为 30%、中船到港概率为 50%、小船到港概率为 20%。船只的到达符合 Poisson 分布，72 h 内共有 20 艘到达。因此本算例中设计到港的小船数量为 4、中船数量为 10、大船数量为 6。到港的顺序进行随机选取，按照船只到达状态，泊位分配情况见表 2。

4 基于遗传算法的泊位分配

如何采用遗传算法进行编码也是泊位分配问题的重要工作之一，由于本文研究的泊位是一个连续区间，同时考虑到泊位分配具有唯一性，这一特点决定了动态泊位分配问题的数学特征和约束条件。在本文中，遗传算法是由自然数编码方法编码，代码中船舶的编码顺序是从左向右，每个基因与一艘船号相对应，船舶的数量等于编码的长度。

表 2 当前泊位分配

船只 序号	抵达 时刻/h	等待 时间/h	停靠 位置/m	作业 时间/h	船只 类型
0	0	0	0	15	中船
1	3. 2	0	260	7	小船
2	7. 1	0	400	17	大船
3	8. 2	0	830	9	小船
4	15. 0	5. 9	0	20	大船
5	25. 1	9. 3	300	20	大船
6	18. 7	0	830	13	中船
7	29. 1	8. 7	830	16	中船
8	23. 6	0	1 060	5	小船
9	36. 9	11. 9	0	17	大船
10	46. 1	20. 0	300	23	大船
11	46. 7	15. 6	830	13	中船
12	52. 1	19. 4	0	15	中船
13	60. 7	26. 0	830	13	中船
14	67. 0	30. 7	0	12	中船
15	68. 2	30. 7	280	11	中船
16	78. 9	37. 5	0	19	大船
17	68. 1	18. 9	550	13	中船
18	73. 8	22. 3	830	11	中船
19	59. 7	0	600	7	小船

注：港口总停靠时间为 530. 9 h。

因此基于遗传算法的泊位分配采用如下步骤进行：

第一步：随机组成的 51 个泊位中产生初始群体，每个单独的染色体基因编码，通过自然数编码，码长等于船的数目，编码是船舶数量。

第二步：计算适应度，因为目标函数是极小值，适应度函数使用指数变换的方法确定，在步骤结束后与优化准则作比较。如果符合优化准则，则输出最优个体和个体的最优解，并且计算结束；否则按照设定的 70% 的交叉概率，使用均匀交叉法获得新个体，或者按照 1% 的变异概率，使用点对点换的方法，获得新个体，将上述所生成新个体组成种群，并再与优化准则比较。

综上所述，种群规模 = 51，交叉概率 = 0. 7，变异概率 = 0. 01，最大迭代次数 = 3 000，其结果见表 3。

表 3 基于遗传算法的泊位分配

船只 序号	抵达 时刻/h	等待 时间/h	停靠 位置/m	作业 时间/h	船只 类型
0	0	0	670	15	中船
1	3. 2	0	1 190	7	小船
2	7. 1	0	0	17	大船
3	8. 2	0	1 130	9	小船
4	9. 1	0	350	20	大船
5	25. 1	9. 3	0	20	大船
6	18. 7	0	920	13	中船
7	29. 1	7. 2	300	16	中船
8	23. 6	0	1 200	5	小船
9	36. 9	11. 9	320	17	大船
10	46. 1	20. 0	0	23	大船
11	31. 3	0	600	13	中船
12	32. 8	0	880	15	中船
13	45. 3	10. 8	620	13	中船
14	47. 8	11. 5	880	12	中船
15	53. 9	16. 5	320	11	中船
16	58. 1	16. 3	0	19	大船
17	58. 3	9. 2	600	13	中船
18	59. 8	8. 6	850	11	中船
19	59. 7	0	1 350	7	小船

注：港口总停靠时间为 396. 9 h。

将上述数据与传统泊位分配情况作比较，港口总停靠时间减少了 134. 0 h，即港口运行效率提高了 33. 7%。从结果可以看出，由于采用了较为灵活的泊位分配策略（即中船可以同时进入大型和中型泊位区域，小船可以同时进入大、中、小型泊位区域），等待时间减少，能够减小港口的总停靠时间，有助于数字港口的智能管理。

在虚拟可视化仿真方面，当作业时间完成后，vgPath 和 Vega API 用于设置该船舶的航线和速度^[8]，以及 vgPlayer 将船的运动抽象为一个运动体，运动体的运动带动船舶运动。构成一个水面交通仿真场景，分别调用 vgObject 对象，可以更直观地看出港口运行状态，系统效果见图 3、4。



图 3 船舶在港口停靠



图 4 船舶航行中

5 结语

- 1) Open Flight 层次化数据结构，能够在不加大数据量的前提下，构建出适用于港口管理的虚拟可视化环境。
- 2) 利用 Vega Prime 帧循环控制，结合 Vega API 接口函数，能够实现港口虚拟仿真平台的构建。
- 3) 采用基于遗传算法的泊位分配算法，能有效减少船舶在港停靠时间，使港口的运行效率提高 33%。
- 4) 将虚拟可视化技术与优化的泊位分配算法相结合，能够实现港口的数字化智能管理，为今

后道路交通、港口信息管控等管理需求提供高效的分析决策手段。

参考文献：

[1] 张乐晨. 浅析我国港口信息化建设[J]. 科技创新与应用, 2014 (4): 50-51.

[2] Chen G, Yang J. Research on 3D equipment training simulator [C]//Computer Engineering and Technology (ICCET). 2010 2nd International Conference on IEEE, 2010: 593-597.

[3] Kaidong Z. Design of 3D virtual reality reservoir models based on scene simulation of VP/OpenGL technology[C]//Intelligent Systems Design and Engineering Applications (ISDEA). 2014 Fifth International Conference on IEEE, 2014: 348-351.

[4] 杨丽, 李光耀. 城市仿真建模工具—Creator 软件仿真教程[M]. 上海: 同济大学出版社, 2007.

[5] Multigen Paradigm Inc. OpenFlightAPI User's Guide Version 2.6[M]. USA: Multigen-Paradigm Inc, 2003: 16-31.

[6] Multigen-paradigm Inc. Vega Prime Programmer's Guide [M]. USA: Multigen-paradigm, 2007.

[7] 张乐, 韩佳盈, 张蛟, 等. MFC 框架下的 Vega Prime 三维视景程序开发技术[J]. 火力与指挥控制, 2014 (3): 159-162.

[8] Xuelong W, Ruijuan C, Zhongxiang Z, et al. Real-time dynamic visualization of wheel ruts based on vega Prime[C]//Virtual Reality and Visualization (ICVRV). 2013 International Conference on IEEE, 2013: 253-256.

[9] Bloch F, Rigaud A S, Kemoun G. Virtual reality exposure therapy in posttraumatic stress disorder: A brief review to open new opportunities for post-fall syndrome in elderly subjects[J]. European Geriatric Medicine, 2013(6): 427-430.

(本文编辑 武亚庆)

(上接第 132 页)

4 结语

港口的信息化建设和发展不可能一蹴而就，需要不断融合高新技术和港口业务发展，着眼长远，顶层规划、循序渐进，分步实施。基于虚拟现实技术、信息技术、网络技术的煤炭码头三维可视化管控系统，实现了基于 Web 的煤炭码头生产场景仿真，通过与信息管控系统生产运营数据直接对接，能快速定位港口生产设备，直观显示港口生产运营状态，支持信息综合查询，具备紧急报警功能，便于调度人员更好地管控港口的生产运营状况。煤炭码头三维可视化管控系统的建

设可为煤炭港口企业数字化、信息化水平向更高深层次推进提供平台，对提升我国煤炭码头生产和管理水平将起到越来越重要的作用。

参考文献：

[1] 郭享, 崔峰. 虚拟现实技术在水运工程中的应用与展望[J]. 水运工程, 2010(12): 23-26.

[2] 王红, 曾庆超, 邓汉义. 实时管控一体化技术在港口散货运输中的应用[J]. 水运工程, 2007(6): 56-58.

[3] 苏志国. 黄骅港煤炭码头三维可视化管理系统研究[J]. 黑龙江科技信息, 2014(12): 122-124.

(本文编辑 郭雪珍)