

一种群组行为模拟绘制系统软件框架设计方法

路 游,纪连恩

(中国石油大学 地球物理与信息工程学院,北京 102249)

摘 要:基于感知模型,提出了一种针对群组行为模拟绘制系统的框架。将系统分离成场景处理、场景管理、用户交互、渲染绘制四个模块,设计了层次结构来保持模块之间的独立性,以便于各个模块的修改、更换和扩展,提高了绘制系统快速开发的灵活性。针对群组中智能个体感知模型的建立提出了一些构想,赋予个体拟人的感知能力;阐述了群组个体的基本行为,描述其具体实现方式,并对其中的一些行为做了适当的改进。为群组动画技术理论的研究以及群组动画系统的开发实现提供一种可以实践的方法和思路。

关键词:群组模拟;智能个体;绘制框架

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2013)04-0079-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2013.04.019

A Design Method of Crowd Behavior Rendering System Software Framework

LU You,JI Lian-en

(College of Geophysics and Information Engineering, China University of Petroleum, Beijing 102249, China)

Abstract:Based on perceptual model, propose a system framework of crowd behavior rendering. The framework divided the system into four modules composed of scene processing, scene management, user interaction and rendering. The hierarchical structure designed in the framework is used to keep the independence of modules, which makes each module easy to modify, replace and expand, enhancing the flexibility of rapid development for rendering system. Towards the perception model of intelligent individual in crowd, propose some ideas, to give the individual person's perception. Then, propose the basis crowd behavior of individual and describe the method to achieve the behavior. Some of the behavior is improved during achievement. Provide a method and idea for achieving the study of crowd animation technology and the development and realization of crowd animation system.

Key words:crowd simulation; intelligent individual; rendering framework

0 引 言

Reynolds 在他的工作^[1]中原创性地提出了行为动画,实现了 boids 系统来模拟鸟群、鱼群或者兽群,证实了复杂的社会行为可以由基于一组简单规则的个体建模实现。Boids 模型在粒子系统的基础上模拟 flock,每个粒子代表虚拟的个体,个体拥有自己的属性(位置、速度等)。整个系统建立在三种简单的行为规则:分离、聚合、排列之上,控制群组个体的局部行为,每个粒子与它的邻居进行空间位置、速度的匹配,并且保证碰撞的避免。由此,生成了复杂的 flock 群组行为。

Reynolds 关于 flock 模拟的工作如今被广泛应用于大规模群组行为的模拟之中。在他的工作^[1]之后,

各种各样的模型被引入到局部控制的群组模拟里,例如 Musse 和 Thalmann 提出了基于社会关系的群组行为的模型^[2],Pelechano 等提出了基于心理学的群组模型^[3]。Tu 在 94 年提出了基于生命模型的人工鱼^[4],在她的工作中包含了生物力学模型、几何显示模型、感知模型、动机模型和行为选择机制,实现了人工鱼的捕食、求偶、集群、逃逸等生命行为,是基于 Agent 的群组行为模拟的典型代表之一。Noser 等人发展了群组行为控制的局部规则^[5]。Bouvier 等人采用粒子系统来模拟群组行为^[6],Brogan 等则采用动力学的方法来模拟^[7]。Reynolds 在 99 年的文章^[8]提出了群组行为模拟的层次结构以及定义了较为完整的基本行为库。Helbing^[9]等研究了人群恐慌状态下的逃生模型, Musse^[10]提出了虚拟人群实时模拟的层次结构模型。近年来,在研究领域提出了许多群组模拟的系统原型。例如: Musse 提出了层次结构的人群模拟系统 Vi-Crowd; Ulicny^[11]在 SigGraph04 提出了 CrowdBrush 系

收稿日期:2012-07-01;修回日期:2012-10-08

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60873093)

作者简介:路 游(1957-),男,副教授,博士,CCF 会员,主要研究方向为图形学、虚拟现实。

统。在工业领域,也发布了较为成熟的商业化产品,如 SOFTIMAGE 公司 BEHAVIOR 和 WetaDigital 公司 MASSIVE 等,影片《2012》、《指环王》、《黑客帝国》、《EI》等就是采用这些软件制作群体场景。

国内,也有许多单位和研究人员投入到了群组行为的研究中。例如浙江大学实现了大规模团体操的虚拟仿真;中科院对虚拟人群的快速渲染技术进行了研究,并实现了软件系统等。例如纪庆革等实现了大规模团体操的虚拟仿真。王兆其等对虚拟人群的快速渲染技术进行了研究。金小刚等利用径向基函数差值全局矢量场的方式来控制群组行为^[12],他们在基于约束的群组变形方面也有进展^[13]。

鉴于此,对文献[14]等提出的可视化绘制系统软件框架作了适当的改进,将场景处理、场景管理、用户交互、渲染绘制分离成四个模块,设计了层次结构来保持模块之间的独立性,便于各个模块的修改、更换和扩展,提高了群组模拟绘制系统快速开发的灵活性。

1 群组模拟绘制框架

在三维地震数据场绘制研究^[14]中提出并实现了一种针对三维地震数据场绘制系统的软件框架,以中介者模式为基础,设计出的各个功能模块之间具备独立性,使得软件便于开发和维护;其在普通的开发者模式上又进行了适当的改进,在功能模块与中介者模块之间添加了抽象层,使得开发人员可以根据实际绘制系统选择合适的开发工具来开发相应的模块,而各个模块之间又不相互影响,保证了基于此软件框架开发的高效性;模块之间独立性,功能模块更换的高效性又加强了应用程序功能的可扩展性。该软件框架对于绘制系统有一定的通用性,在此基础上,文中提出了针对群组模拟绘制系统的软件框架,为个体行为模拟技术的实现建立实验平台。

2 群组行为模拟绘制系统的模块分析

在文献[14]中,将三维地震数据场绘制系统抽象成 3 个功能模块:用户界面交互模块 (UI Module),绘制渲染模块 (Render Module),数据处理模块 (Data Process Module)。

用户界面交互模块,提供所有的用户交互界面及其功能,定义用户响应事件的接口;绘制渲染模块,该模块将可视化工具进行封装,提供统一的接口,针对不同类型的数据场,可能要选择不同的可视化工具包,当可视化工具包变换时,接口一致;数据处理模块,提供

原始数据的预处理,分析,转换,重新采样,实时地提取数据来显示绘制以及必要时的大数据块切割。

文中仿照此种分析方法将群组行为模拟绘制系统抽象成 4 个功能模块:

(1)处理器模块 (Process Module),提供程序运行时的行为模拟功能,计算群组中每个个体的运行状态,进行运行时行为转换。

(2)场景管理模块 (Scene Manage Module),提供对于不同场景管理方式的支持,例如在空间剖分场景管理与普通直接场景管理功能之间的切换。

(3)绘制渲染模块 (Render Module),该模块将渲染引擎进行封装,提供统一的接口,针对不同的实验需求,选择不同的可视化引擎,当可视化工具变换时,接口一致。

(4)用户界面交互模块 (UI Module),提供所有的用户交互界面及其功能,定义用户响应事件的接口。

处理器模块、场景管理模块、绘制渲染模块与用户界面交互模块的模块结构见图 1。

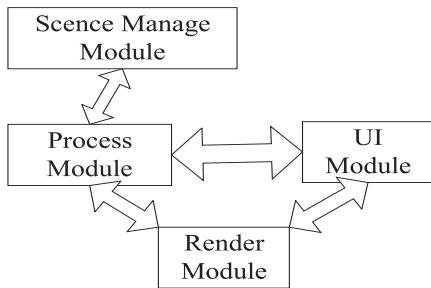


图 1 模块结构

在整个绘制系统中,四个功能模块 (UI Module, Render Module, Process Module, Scene Manage Module) 之间需要进行大量的接口调用以及数据交换。例如,见图 2,由于如此繁复的相互调用,原始的绘制系统具有高耦合的特性,十分不利于群组行为模拟绘制系统应用程序的快速开发和扩展。

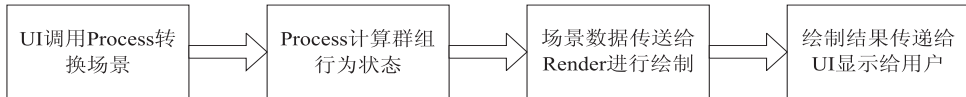


图 2 功能模块调用关系图

为了降低绘制系统的耦合性,使得功能模块之间具有高独立性,框架设计采用改造的中介者模式 (Mediator Pattern) 来实现,在整个框架中加入了核心控制模块 (Control Module),控制模块提供用户界面模块、渲染绘制模块、处理器模块与场景管理模块之间的通信,提供所有的模块之间相互调用的接口。可视化过程中,最关键的元素是数据。控制模块控制各模块之间数据的传递,正是因为控制模块的存在,保证了各模块之间的独立性,绘制框架模块基本模块结构见图 3。

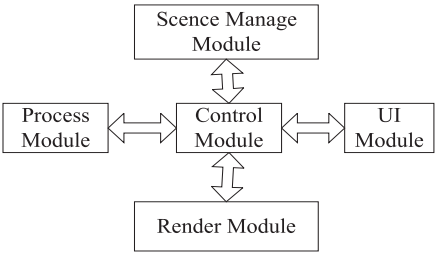


图3 绘制框架模块结构图

3 三维地震数据场绘制系统的软件框架

在文献[14]中,采用中介者模式实现了三维地震数据场绘制系统的软件框架结构,见图4。

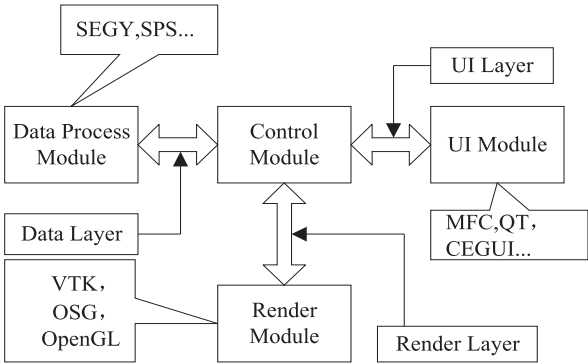


图4 三维地震数据场绘制系统软件框架图

4 中介者模式

在设计模式中,中介者模式适用的情形主要是以下两种:

(1)一组对象以定义良好但是复杂的方式进行通信。产生的相互依赖关系结构混乱且难以理解。

(2)一个对象引用其他很多对象并且直接与这些对象通信,导致难以复用该对象。

采用中介者模式,来处理模块对象之间大量的通信与接口调用,中介者模式类图示例见图5。中介者模式用一个中介对象来封装一系列的对象行为交互,中介者使各对象不需要显式地相互调用其接口,从而降低其耦合性,而且可以独立地改变它们之间的交互。

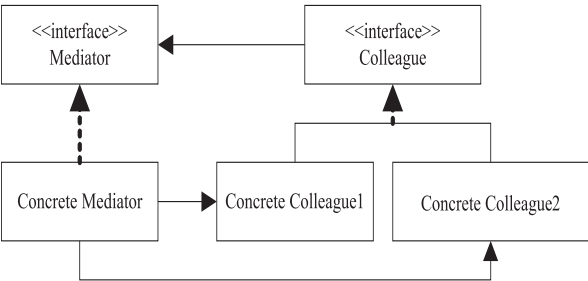


图5 中介者模式示意图

在观察群组行为模拟绘制系统中,将群组行为模拟绘制系统分解成4个功能模块:用户界面交互模块、绘制渲染模块、处理器模块以及场景管理模块。但是对象导向设计促使系统的行为分散在各个对象之间,这种分散的状况可能造成一个结构中的对象有许多沟通,导致模块之间形成繁复的接口调用和相互通信,经由分解一个系统成许多对象增强系统和模块的再使用性,而激增的互动关系则减低其再使用性,这是一个矛盾。该系统正好符合中介者模式适用的情形,因此,选用中介者模式作为群组行为模拟绘制系统软件框架的基本设计模式是可行的。定义一个中间的通信模块来专门处理用户界面交互模块(UI Module)、绘制渲染模块(Render Module)、处理器模块(Process Module)和场景管理模块(Scene Manage Module)之间的交互行为,即核心控制模块(Control Module),见图3。

5 改造的中介者模式

普通的中介者模式实现见图6,各个成员模块通过中介者模块来相互调用,如此则不需要显示地进行模块通信,保证了系统模块之间的独立性,可是,这样并不满足提出的对绘制系统框架的所有设计目标。普通的中介者模式无法实现基于该软件框架开发的高效性以及应用程序功能的可扩展性的目标,故需要对中

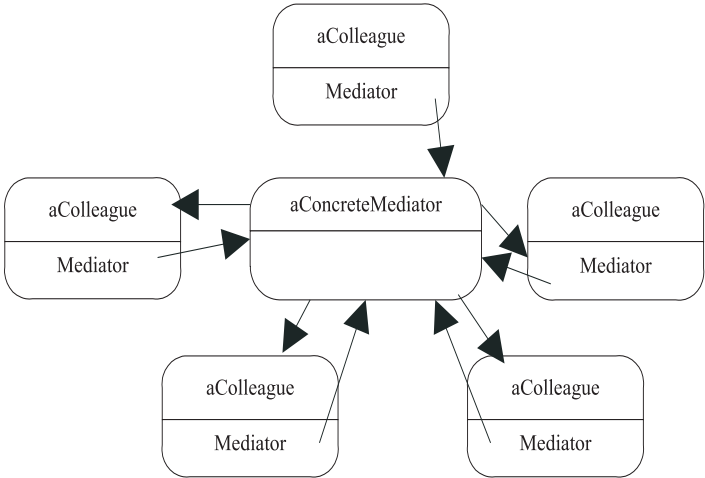


图6 中介者模式实例图

介者模式进行适当的改进来实现软件开发的高效性和应用程序的可扩展性。

该框架结构在原有中介者模式的基础上在模块与模块之间再加入一个抽象的接口层,使得功能模块与核心控制模块之间的相互调用与数据通信也相互独立,如此做的目的是为了功能模块的扩展,使得开发人员可以根据实际绘制系统选择合适的开发工具来开发相应的模块,而各个模块之间又不相互影响,保证了系统快速开发的高效性。

将系统分为四层五个模块:

(1) 处理器层 (Process Layer), 位于处理器模块与控制器模块之间, 提供了处理器模块与控制器模块之间的抽象调用接口。

(2) 用户交互层 (UI Layer), 位于用户交互模块与控制器模块之间, 提供了用户界面模块与控制器模块之间的抽象调用接口。

(3) 渲染绘制层 (Render Layer), 位于渲染绘制模块与控制器模块之间, 提供了渲染绘制模块与控制器模块之间的抽象调用接口。

(4) 场景管理层 (Scene Manage), 位于场景管理模块与控制器模块之间, 提供了场景管理模块与控制器模块之间的抽象调用接口。

(5) 处理器模块 (Process Module), 提供程序运行时的行为模拟功能, 计算群组中每个个体的运行状态, 进行运行时行为转换。

(6) 场景管理模块 (Scene Manage), 提供对于不同场景管理方式的支持, 例如在空间剖分场景管理与普通直接场景管理功能之间的切换。

(7) 用户界面模块 (UI Module), 提供所有的用户交互界面及其功能, 定义用户响应事件的接口供核心模块调用。在 Windows 下很多开发人员选用 MFC 进行界面开发, 在 Linux 下开发人员则倾向于选用 QT, 因此将用户界面、交互部分封装成一个单独的模块, 也便于平台的移植。

(8) 绘制渲染模块 (Render Module), 目前可视化工具各有优劣, 针对不同类型的数据场, 可能要选择不同的可视化工具包。因此该模块将可视化工具进行封装, 只提供固定的接口, 当可视化工具包变换时, 接口不变。

(9) 控制模块 (Control Module), 提供用户界面模块、渲染绘制模块与数据处理模块之间的通信, 提供所有的模块之间相互调用的接口。在可视化过程中, 最关键的元素是数据。控制模块控制各模块之间数据的传递, 正是因为控制模块的存在, 保证了各模块之间的独立性。

6 绘制系统框架的优点

类似于文献[14], 文中针对群组行为模拟绘制系统的软件框架结构有三个设计目标:

- (1) 各模块之间的独立性;
- (2) 基于该软件框架开发的高效性;
- (3) 应用程序功能的可扩展性。

以中介者模式为基础, 设计出的软件框架的各个功能模块之间具备独立性, 使得软件便于开发和维护; 文中在普通的开发者模式上又进行了适当的改进, 在

功能模块与中介者模块之间添加了抽象层, 使得开发人员可以根据实际绘制系统选择合适的开发工具来开发相应的模块, 而各个模块之间又不相互影响, 保证了基于此软件框架开发的高效性; 模块之间独立性, 功能模块更换的高效性又加强了应用程序功能的可扩展性。

7 结束语

文中在文献[14]的基础上提出了一种针对群组行为模拟绘制系统软件框架设计; 分析了群组行为模拟绘制系统的抽象模块, 将中介者模式应用到绘制系统框架的设计中, 并对其进行了改造, 得到了符合文中设计目标的软件框架结构; 最后, 对群组行为模拟绘制系统软件框架的模块结构与功能进行了完整的阐述。文中以此抽象框架为基础, 为应用技术实现提供实验平台。

参考文献:

- [1] Reynolds C. Flocks, Herds and Schools: A Distributed Behavioral Model[J]. Computer Graphics, 1987, 21(4): 25-34.
- [2] Musse S, Thalmann D. A Model of Human Crowd Behavior: Group Inter-relationship and Collision Detection Analysis [C]//Proc. Workshop of Computer Animation and Simulation of Eurographics. Budapest, Hungary: [s. n.], 1997: 39-51.
- [3] Pelechano N, O'Brien K, Silverman B, et al. Crowd Simulation Incorporating Agent Psychological Models, Roles and Communication [C]//First International Workshop on Crowd Simulation. Lausanne, Switzerland: [s. n.], 2005.
- [4] Tu X, Terzopoulos D. Artificial Fishes: Physics, Locomotion, Perception, Behavior [C]//SIGGRAPH 94 Proceedings of the 21st Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques. New York, NY, USA: ACM, 1994.
- [5] Noser H, Thalmann D. The Animation of Autonomous Actors Based on Production Rules [C]//Proceedings of Conference on Computer Animation. [s. l.]: IEEE Computer Society Press, 1996: 47-57.
- [6] Bouvier E, Cohen E, Najman L. From crowd simulation to air-bag deployment: particle systems, a new paradigm of simulation [J]. Journal of Electronic Imaging, 1997, 6(1): 94-107.
- [7] Brogan D, Metoyer R, Hodgins J. Dynamically simulated characters in virtual environments [J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 1998, 18(5): 58-69.
- [8] Reynolds C W. Steering behaviours for autonomous characters [C]//Proceedings of Game Developers Conference. San Jose, California: Miller Freeman Game Group, 1999: 763-782.
- [9] Helbing D, Farkas I, Vicse T. Simulating dynamical features of escape panic [J]. Nature, 2000, 407(28): 487-490.
- [10] Musse S R, Thalmann D. Hierarchical Model for Real Time

$$P(s_i(t) < s) = P\left(\frac{(A+1)m\omega_0}{A}\left(\frac{t}{t_i}\right)^A < s\right) = P\left(t_i > \frac{(Bm\omega_0)^{\frac{1}{A}}}{s^{\frac{1}{A}}}t\right), \text{其中 } B(p) = \frac{A+1}{A}.$$

最后得到节点的强度分布为:

$$\frac{\partial P[s_i(t) < s]}{\partial s} = \frac{(Bm\omega_0)^{\frac{1}{A}}t}{A(m_0 + t)s^{\frac{1}{A}+1}}$$

当 $t \rightarrow \infty$ 时,有 $P(s) \approx Bm\omega_0^{\frac{1}{A}}s^{-\gamma}$, $\gamma = \frac{1}{A} + 1$ 。 γ

与 m 和 ω_0 都无关。

根据复杂网络的幂率分布特征,令 $\gamma \in (2, 3)$, 即

$2 < \frac{1}{A} + 1 < 3$, 解得 $0 < p < \frac{1}{5}$ 。当 p 满足上述限制

条件时,节点的强度分布具有幂率特征。由于模型中的边权与网络的拓扑结构无关,因此,点强度与节点度呈线性关系, k_i 的概率密度分布也应近似为: $P(k) \propto (k + \alpha)k^{-\gamma}$, 节点的度分布 $P(k)$ 具有幂率特征。

根据以上对 RBBV 模型的分析,只要选择合适的参数,该模型具有幂率特征。相对于 BBV 模型,它既考虑了 Internet 网络的富人俱乐部现象,同时还考虑了点与边的增长机制,能更好地反映现实世界 Internet 拓扑特征。

4 结束语

对于大规模的 Internet 拓扑建模而言,遵循幂率法则的拓扑建模算法更能构造出与现实网络更为相似的拓扑图。文中首先对各种常用的幂率拓扑模型进行了回顾与分析,然后在已有拓扑建模算法的基础上,提出了一种改进的幂率赋权拓扑建模算法,该算法考虑了现有连接的 QoS 参数,并结合了 Rich-Club 现象,经理论证明,该算法所产生的拓扑图符合幂率法则,具有一定的合理性。后续,还须考虑更多的因素,对模型的改进有待进一步的研究和讨论。

参考文献:

[1] 张宇,张宏莉,方滨兴. Internet 拓扑建模综述[J]. 软件

(上接第 82 页)

Simulation of Virtual Human Crowds[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2001, 7(2): 152-164.

[11] Lamarche F, Donikian S. Crowd of Virtual Humans; a New Approach for Real Time Navigation in Complex and Structured Environments[J]. Computer Graphics Forum, 2004, 23(3): 509-518.

[12] Jin Xiaogang, Xu Jiayi, Charlie C L, et al. Interactive control of

学报, 2004, 15(8): 1220-1226.

[2] Faloutsos M, Faloutsos P, Faloutsos C. On power-law relationships of the internet topology[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 1999, 29(4): 251-262.

[3] Medina A, Matta I, Byers J. On the Origin of Power Laws in Internet Topologies[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2000, 30(2): 18-28.

[4] Tangmunarunkit H, Govindan R, Jamin S, et al. Network Topologies, Power Laws, and Hierarchy[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2002, 32(1): 76-76.

[5] Shi Zhou, Mondragon R J. The Rich-Club Phenomenon in the Internet Topology[J]. IEEE Communications Letters, 2004, 8(3): 180-182.

[6] 杨云, 高飞, 刘萍, 等. 一种遵循幂率分布的网络拓扑生成算法 PLOD+[J]. 计算机应用研究, 2007(4): 315-317.

[7] Aiello W, Chung F, Lu L. A random graph model for massive graphs[C]//Proc. of the 32rd Annual ACM Symposium on Theory of Computing. [s. l.]: [s. n.], 2000: 171-180.

[8] 刘浩广, 蔡绍洪, 张玉强, 等. 复杂网络中 BA 模型及其几种扩展模型的比较[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2007, 24(5): 473-474.

[9] Barabasi A, Albert R. Emergence of scaling in random networks[J]. Science, 1999(10): 509-512.

[10] Tian B, Towsley D. On Distinguishing between Internet Power Law Topology Generators[C]//Proc. of the 21st IEEE INFOCOM. [s. l.]: [s. n.], 2002: 638-647.

[11] Zhou S, Mondragon R J. Accurately modeling the Internet topology[J]. Phys. Rev. E, 2004, 70(6): 066108.

[12] Barat A, Barthélemy M, Vespignani A. Weighted evolving networks: coupling topology and weighted dynamics[J]. Phys Rev Lett, 2004, 92(22): 228701.

[13] 刘珊, 晏先浩, 王仲君. 点权有限的加权网络演化模型[J]. 复杂系统与复杂性科学, 2007, 4(3): 59-65.

[14] Wang Xutao, Lu Hongtao, Chen Guanrong. The modeling of weighted complex networks[J]. International Journal of Modern Physics B, 2007, 21(16): 2813-2820.

[15] 唐芙蓉, 蔡绍洪, 李朝辉. 无尺度网络中的统计力学特征[J]. 贵州大学学报(自然科学版), 2005, 22(1): 14-15.

large-crowd navigation in virtual environment using vector field[J]. IEEE Computer Graphics and Application, 2008, 28(6): 37-46.

[13] Zhao Hanli, Fan Ran, Charlie C L, et al. Fireworks controller[J]. Computer Animation and Virtual Worlds Special Issue, 2009, 20(2-3): 185-194.

[14] 梁熙. 三维地震数据场体绘制研究[D]. 北京: 中国石油大学, 2011.

一种群组行为模拟绘制系统软件框架设计方法

作者: [路游, 纪连恩](#)
作者单位: [中国石油大学 地球物理与信息工程学院, 北京102249](#)
刊名: [计算机技术与发展](#)
英文刊名: [Computer Technology and Development](#)
年, 卷(期): 2013(4)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wjtz201304021.aspx