

面向 Internet 的 2.5 维虚拟环境通信模型^{*}

鲁东明 钟鸣宇 袁庆曙 胡益锋
(浙江大学计算机学院 杭州 310027)

摘要 计算机支持的协同不仅引起了人们工作方式的变革,也带来了人们生活方式、娱乐方式、教育方式的变革。Internet 的发展及普及为数字娱乐、远程教育等应用提供了良好的网络条件,各种 2.5 维虚拟环境由于其系统开销相对小、真实感较强得到了广泛的应用。然而 Internet 固有的时延问题影响了虚拟环境的实时性,特别是对于多服务器的通信中,随着客户对服务器选择的改变,时延显得尤为明显。本模型在已有虚拟环境的多服务器通信模型基础上,通过扩展每个服务器的管理范围,使客户对服务器选择过程的通信提前。此模型在 2003 年浙江省网上旅游交易会中得到了应用,并且取得了很好的效果。

关键词 通信模型,2.5 维虚拟环境,CSCW,Internet

Communication Model for Internet-Oriented 2.5D Virtual Environments

LU Dong-Ming ZHONG Ming-Yu YUAN Qing-Shu HU Yi-Feng
(College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract Computer Supported Collaboration has not only changed the way people work, but also the way people live, the way people entertain and the way people get education. The development of the Internet provides digital entertainments and distant-learning with a good network environment and in these applications, 2.5D virtual environments are widely used due to their good performances and the sense of realism. But the Internet's inherent problem of latency affects the real-time feature of the virtual environments, in particular multi-server ones. Based on traditional multi-server communication models, a new multi-server one is brought out which extended the region managed by each server. The model was adopted in Zhejiang Tourism Expo'2003, and achieved a great success.

Keywords Communication model, 2.5D virtual environments, CSCW, Internet

1 引言

计算机支持的协同不仅引起了人们工作方式的变革,也同时引起了人们生活方式、娱乐方式、教育方式的变革^[1]。近几年来,国内宽带 Internet 接入的发展及普及为数字娱乐、远程教育等应用提供了良好的网络条件,协同网络游戏、远程教育、网上旅游等应用层出不穷。各种 2.5 维虚拟环境^[2]由于其系统开销相对三维虚拟环境较小、相对基于文本的或基于二维的虚拟环境真实感较强,得到更为广泛的应用。

对于基于 Internet 的多人参与的虚拟环境来说,系统必须能使用户感觉到参与在同一虚拟环境中,并且能使用户进行尽可能实时的交互,即保证虚拟环境中用户的沉浸感与交互感,因此每一个用户必须实时地发送更新数据到其它用户。而在 Internet 环境下,时延较为明显,因此系统的通信模型显得尤为重要。

2 相关工作

2.5 维虚拟环境实际上基于一种特殊的三维空间^[3],它与完全的三维空间不同在于:用户在空间中的视角始终不变,而空间中的物体显示出来的也始终是固定一个角度的投影;并且空间中物体相对于用户的距离对于它最终成像的大小并没有影响,或者说系统使用的是正交投影而不是透视投影;另一个重要的不同在于它影响了用户交互的方式,用户只需要考虑水平方向(左右)和深度方向(前后)上的移动以及和物体的相互作用^[4],而不需要考虑真正三维场景中的六个方

向。最后一点体现出了 2.5 维虚拟空间在用户交互上的优势,它还具有其他一些优点:由于固定视角,用户不容易在三维空间中方向迷惑;而采用正交投影使得开发者不需要考虑距离对物体最终投影大小影响的问题,从而降低了生成场景对于算法和硬件的要求。

虚拟环境的通信是指虚拟环境系统中主机(服务器及客户机)的分布模式及主机间的通信原则,主要包括以下两类模型:

(1)对等模型(Peer-to-Peer) 在对等模型(P2P)中(如图 1 所示),每个客户机直接将数据发送至其它客户机。P2P 模型最大的优点是其简单的结构,由于客户机直接发送数据至其它客户机,它的系统延迟也相对较小。另外,由于系统没有服务器,不会因为某个主机的异常导致整个系统的瘫痪。然而,P2P 模型中,通信的复杂度比较高,假如系统有 n 个客户,则通信复杂度为 $O(n^2)$ ^[3]。

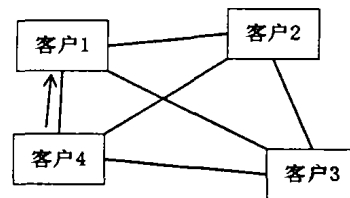


图 1 对等模型

(2)客户机/服务器模型(Client/Server) 针对对等模型中通信复杂度高的问题,客户机/服务器(C/S)模型中,每个

^{*} 本课题得到浙江省重大科技攻关项目(No. 2003C13019)、国家自然科学基金(No. 60273055)、国家重点基础研究发展规划(No. 2002CB312106)资助。鲁东明 教授,博士生导师,主要研究方向为计算机支持的协同工作、虚拟现实、多媒体、计算机网络等。钟鸣宇 硕士研究生,主要研究方向为网络虚拟环境及其感知问题。袁庆曙 博士研究生,主要研究方向为网络虚拟环境及其感知问题。

客户机只需与服务器进行通信,服务器再将数据统一转发至其它客户,由于服务器可以进行相关的兴趣区数据过滤、数据打包发送等处理,C/S模型很大程度上解决了P2P模型中的通信复杂度高的问题,但由于需要服务器进行数据转发,C/S模型增加了数据的延迟。

C/S模型,分为两类,一类为单服务器模型,另一类为多服务器模型^[6]。

单服务器模型(图2)中只有一个服务器,数据一致性比较容易维护,但单服务器很有可能成为系统的性能与通信的瓶颈,因此该模型很少被真正的使用。

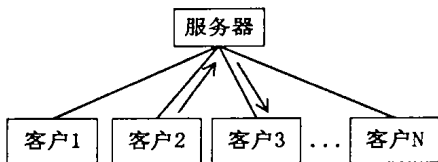


图2 单服务器 C/S 模型

多服务器模型(图3)解决了单服务器模型中的性能与通信瓶颈问题,采用多个服务器共同处理服务器端的任务。并且可以根据虚拟人在虚拟场景中的不同位置对不同服务器进行选择。

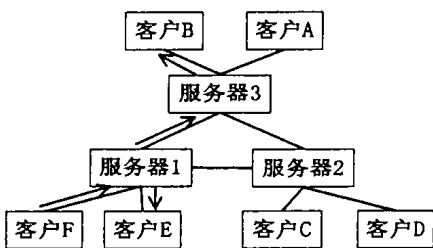


图3 多服务器 C/S 模型

与P2P模型与单服务器C/S模型相比,多服务器C/S模型比较容易进行数据的兴趣区过滤。即每个服务器单独管理虚拟场景中的一个区域,对于在该区域的虚拟人所对应的客户机只需与该服务器进行通信。由于数据的空间相关性(即在某一区域的虚拟人一般来说只关心其周围的虚拟人产生的数据),多服务器结构能节省数据通信量,并且得到了广泛的应用。

图4说明了虚拟场景中虚拟人的分布。结合图3中的描述,当F有数据需要发送至E时,数据发送过程为:F→服务器1→E;如果F有数据发送至B,数据发送过程为:F→服务器1→服务器3→B。

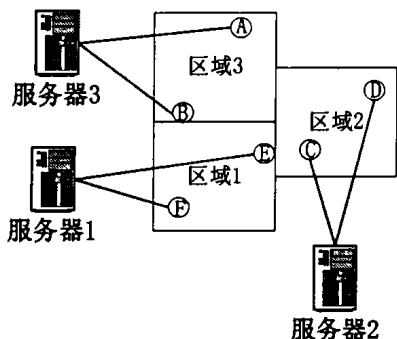


图4 虚拟人在场景中的分布

可见,多服务器结构中,数据中转的次数较多,导致数据延迟较大。特别是当虚拟人在虚拟场景中的移动导致相应的

客户机对服务器选择更改时,服务器与客户机间需要进行一定量的处理(包括身份认证,数据结构的创建等操作),这些操作往往会带来一定的延迟,最终导致虚拟人在区域间移动时的不连续感。

3 模型设计

本节将给出一个适合面向Internet的2.5维虚拟环境的通信模型,解决了原有多服务器C/S通信模型中,当虚拟人在区域间移动时产生的延迟大的问题。

3.1 通信结构

虚拟人在虚拟环境中的运动具有一定的规律性,因此,对于当虚拟人在场景中运动时,可以进行相关的预测,对于可能会引起服务器选择改变的情况下,预先使客户机与将要通信的服务器进行通信。

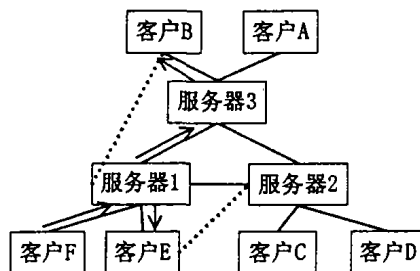


图5 新模型

图5描述了在图4所示的虚拟场景分布情况下,采用新模型时,客户机与服务器间的通信状况。其中的客户B与服务器1之间的虚线表示当虚拟人B运动至区域3的边界时,可能跨过区域3而进入区域1,则客户机B需要预先与服务器1进行通信。

为了对虚拟人边界的行为进量化的描述,我们将传统模型中的区域进行了扩展,如图6所示。

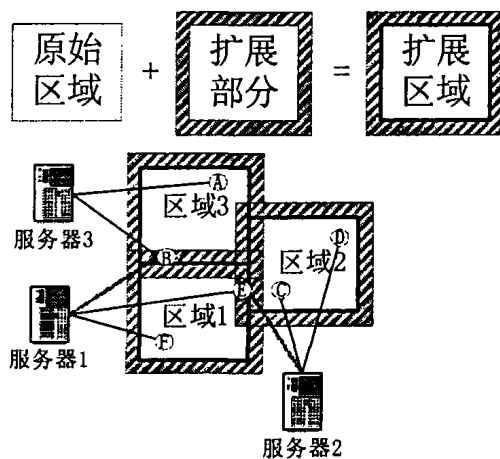


图6 区域扩展

对比在图4中描述的原始区域,我们将其区域向四个方向进行扩展,扩展区域为原始区域加上扩展部分(阴影部分)。在新模型中,每一服务器维护一个扩展区域,在扩展区域中的所有虚拟人均需要与相应服务器进行通信。

3.2 虚拟场景划分

在虚拟场景中,一个重要的问题就是场景的划分,在此基础上,服务器可以进行任务的分担。

首先,有必要介绍一下协同虚拟环境中兴趣区(AOI, Area of Interests)^[7]的概念。兴趣区是针对虚拟人来说的,指

一个虚拟人在虚拟场景中感兴趣(能感知)的区域。对于 2.5 维虚拟环境来说,每个虚拟人的兴趣区大小比较固定。一般来说,服务器只需要将虚拟人兴趣区内的数据发送至相应的客户机。

虚拟场景的划分过程如下:

1)将虚拟场景划分成若干个互不重叠的原始区域,且场景中任何一点至少属于其中一个原始区域;

2)将原始区域按图 6 所示进行扩展,使得虚拟人在场景中任何位置,均能使其兴趣区至少包括于一个扩展区域中;

可以证明,对于任何一个虚拟人,在条件 3)下,即需要将其数据发送至所有服务器,其所在位置被这些服务器管理的扩展区域包含;并且只需要从其中任何一个能完全包含它 AOI 的服务器接收数据,就可以得到它兴趣区内虚拟人所产生的所有数据。证明过程如下:

对于任意两个虚拟人 Avatar A(位于点 A)、Avatar B(位于点 B),如果

$$B \in AOI(A) \quad (1)$$

由 2)、3)可知,存在一个扩展区域 R(假设扩展区域 R 被 ServerR 维护),A 从 ServerR 接收数据,并且有

$$AOI(A) \subset R \quad (2)$$

由(1),(2)可知

$$B \in R \quad (3)$$

在 2.1 节中已经提到,在扩展区域中的虚拟人与所在的任何一个扩展区域所对应的服务器进行通信,因此,B 需要发送数据至 Server R,因此,A 可以从 Server R 获取 B 所产生的数据。

当虚拟人在场景中运动时,需要动态地对不同的服务器进行选择,并且进行通信,我们将此过程称为数据连接的维护(这里的连接只是指一个逻辑上的数据通道,建立的 UDP 通信也可以称为一个连接)。

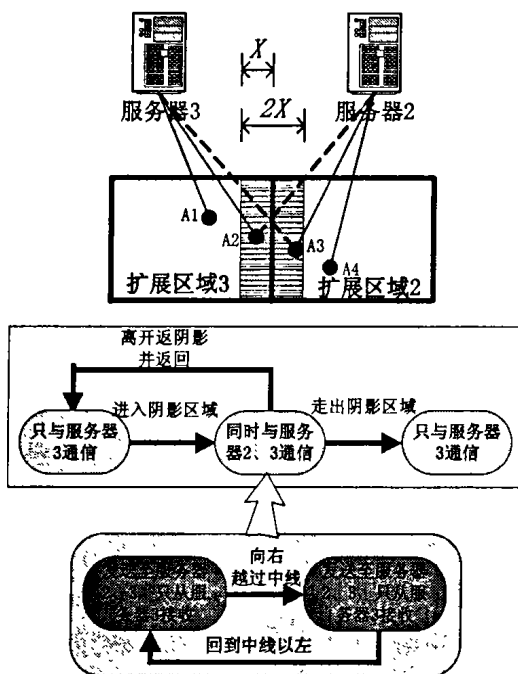


图 7 数据连接维护

假设虚拟人的 AOI 大小为 $X \times Y$,考虑图 7 所示的情形(为了方便起见,我们只考虑在 X 方向上的情况,对于 Y 方向也类似)。我们将 X 方向上的扩展部分的长度定为 $X/2$,则在 X 方向上满足条件 2)。当虚拟人 A 在点 A1 时,它只需要与

服务器 3 进行通信;当它进行阴影区域的 A2 或 A3 点时,它需要与服务器 2 及 3 同时通信;当它越过扩展部分到 A4 点时,它只需要与服务器 2 进行通信。而且,在点 A2 与点 A3 时数据通信的情况也是不同的,在点 A2 时,由于 A 的 AOI 完全被扩展区域 3 所包含,它只需要从服务器 3 接收数据即可,而在点 A3 时,它只需要从服务器 2 接收数据即可。如图 7 所示。

4 系统实现及结果

4.1 系统实现

基于以上通信模型,我们实现了一个大规模的 2.5 维虚拟环境,用于 2003 浙江省旅游交易会,交易会共有 2000 多家公司注册了账号,加上其它未注册的人员,大概同时有 2500 人在线。系统客户端由 Java Applet 实现,界面如图 8 所示。

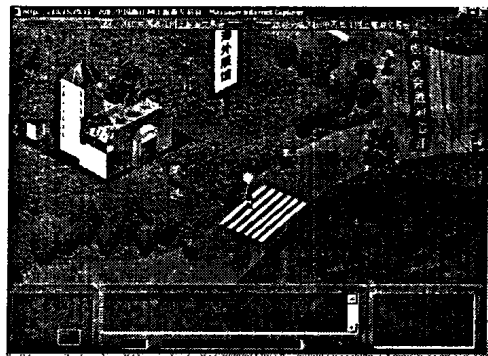


图 8 界面截图

系统虚拟场景大小为 7200×4800 ,而每个客户端的 AOI 大小为 800×600 ,我们将系统场景按图 9 所示进行划分,例如扩展区域 2 为图中所示粗线部分(由于区域在场景的边缘,实现中只向三个或两个方向进行区域的扩展)。

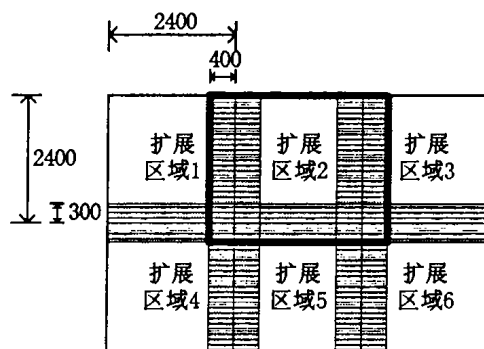


图 9 场景划分

按照场景划分,我们共分配了六台 HP ProLiant DL380 服务器,每台服务器软硬件配置如下:Redhat Linux 8.0®(内核 2.4.18)、双 Intel® Xeon™2.40GHz CPU、1GB 内存。

4.2 结果

在该系统中,用户登录时系统大约需要 1 毫秒来进行初始化工作,包括认证用户的合法性、创建相应的数据结构并且把该用户插入到 Hash 表和链表中、记录相应的日志等操作;并且需要 4 次网络操作。

假如单程延时(Single-Trip Delay)为 X 毫秒,则在原先的多服务器 C/S 模型中,当虚拟人跨越区域时,它将自己的数据发送至另一客户需要: $4X + 2X + 1 = 6X + 1$ 毫秒。(包括

(下转第 37 页)

和自相似模型预测的网络流量值。

表3 实际流量值、泊松模型和自相似模型预测的网络流量值

27.7个小时内实际每100秒的通信量
4.2,3.8,4.5,7.3,8.3,4.3,5.3,9.4,3.3,7.3,9.4,3.7,3.3,7.4,2.4,8.5,6.1,5.4,3.3,8.4,3.3,7.3,9.2,1.3,7,2.2,2.4,2.5,2.4...
2.44,2.4,6.1,4.8,2.4,2.4,2.4,4.1,3.8,4.2,4.5,4.8,4.8,2.6,4,2.4,4.1,3.1,4.8,5.8,4.5,4.1,2.4,4.1,4.3,4,6,4.2,6.1,
27.7个小时内泊松模型每100秒的预测流量值
2.8.....2.8
27.7个小时内自相似模型每100秒的预测流量值
3.4,4.7,3.1,4,3.7,3.9,4.1,3.1,5,4.1,3.8,3.2,3.8,3,5,5.8,5.2,3.6,5.7,6,2.8,4.1,3.7,4.5,5.8,5,4.2,4.1,3.7,5,5.1,4,3.1,
4.5,3.8,5.1,5,4.2,3,5.8,4.1,3.7,4.1,4.1,5,4.3,4.8,3.7,5.7,5.3,37,3.7,4.2,5.2,5.2,3.4,3.5,3.4,4.2,4.8,4,2.1,3.7,4.1,4.2

使用这种方法预测的优点如下:

1. 计算量少,当从设备上取回第2个时间点的数据时就可以开始使用移动平均法来计算实际流量的周期性流量。一台核心交换机可能有上百个千兆接口,性能数据量是很大的。而我们的监测服务器可以由一台普通的计算机来完成。在大型的网络环境中如果实施分布式监测系统,那么可能需要多台网络监测服务器。这样采用我们的方法可以减少网络管理成本。

2. 预测流量对于性能报警和峰值监测具有非常有用的参考价值。

3. 这种方法可以反映出流量的时间趋势及其变化,而不是使用统计方法来反映流量的变化趋势。

结束语 高性能的网络协议设计、网络设备的设计和制造、网络性能评价等必须依靠精确的网络流量模型。我们采用实际网络测试的方法建立基于时间相关的网络流量模型,并应用该模型进行运行网络的流量预测。

参考文献

1 Fuchs E, Jackson P E. Estimates of Distributions of Random Variables for Certain Computer Communication Traffic Models.

Comm. of ACM, Dec. 1970,13(12):752~767

2 Duffy D E, Mcintosh A A, Rosenstain M, Willinger W. Statistical analysis fo CCSN/SS7 Traffic Data from Working CCS Subnetworks. IEEE Journal of Selected Areas in Communication, 1994,12(3):544~551

3 Leland W E, Taqqu M S, Willinger W, Wilson D V. On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic. IEEE/ACM Transactions on Networking, Feb. 1994,2(1):1~15

4 Klivansky S K, Mukherjee A, Song C. On Long Range Dependence in NSFNET Traffic: [Technical Report GIT-CC-94/61]. Geogia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA, Dec. 1994

5 Jain R. ATM Networking: Issues and Challenges Ahead. Networkworld + InterOp'95 Engineer Conf. Las Vegas, Nevada, March 1995. 27~31

6 郑大钟,赵千川. 离散事件动态系统. 清华大学出版社,2001. 163~167

7 Case J, Fedor M, Schoffstall M, Davin J. A Simple Network Management Protocol (SNMP). RFC1157, IETF, May 1990

8 徐国祥,胡清友. 统计预测和决策. 上海财经大学出版社,1998. 113~118

(上接第19页)

4次网络操作、从一个客户端到另一个客户端的数据发送过程、1毫秒初始化工作)。而在新的通信模型中,只需要2X毫秒。因为系统已经事先进行了相关的初始化工作。

Internet上,来回时延(Round-Trip Delay)大概在几毫秒到几百毫秒之间^[4]。表1对两种模型进行了比较:

表1 效果比较

单程时延	1ms	50ms	200ms
传统模型	7ms	301ms	1201ms
新模型	2ms	100ms	400ms

结论与展望 文章基于传统的虚拟环境的多服务器C/S模型及兴趣区管理技术提出了一个面向Internet的2.5维虚拟环境的通信模型。该模型在2003年浙江省网上旅游交易会中得到了应用,并且取得了很好的效果。

目前的模型只能用于AOI相对固定的虚拟环境,下一步工作应该考虑适合于不同AOI的系统中的应用;另外,多个服务器间的协调,并进行动态的划分问题也需要进行相应的研究。

参考文献

1 史美林,向勇,杨光信,等. 计算机支持的协同工作理论与应用[M]. 北京:电子工业出版社,2000

2 Shimamura J, Takemura H, Yokoya N, Yamazawa K. Construction and Presentation of a Virtual Environment Using Panoramic Stereo Images of a Real Scene and Computer Graphics Models [A]. In: Proc. 15th Int. Conf. on Pattern Recognition (15ICPR), Barcelona Spain, Vol. 4, Sep. 2000. 463~467

3 Fox D. Tabula Rasa A Multi-scale User Intl. System. http://www.foxthompson.net/dsf/diss/diss.html

4 Breiteneder C. Lookmark: A 2.5D Web Information Visualization System. In: Proc. of EURASIA-ICT Conf., Teheran, Iran, 2002

5 Funkhouser T A. Network Topologies for Scalable Multi-User Virtual Environments [A]. In: Proc. 1996 IEEE Virtual Reality Annual International Symposium (VRAIS96), San Jose, CA, April, 1996

6 Funkhouser T A. RING: A Client-Server System for Multi-User Virtual Environments. ACM SIGGRAPH Special Issue on 1995 Symposium on Interactive 3D Graphics, New York, 1995. 85~92

7 Morse Katherine L, et al. Interest management in large-scale distributed simulations [R]. Irvine: University of California: [ICS-TR-96-27]. 1996

8 Hagsand O, Marsh I, Hanson K. Sicsophone: a low-delay internet telephony tool [A]. In: Proc. of the 29th Euromicro Conference, Sept 1-6, 2003. 189~195