

60-62,40

虚拟现实系统中的实体和“行为”

Entities and Behaviors in Virtual Reality Systems

郑白玫 施鹏飞

TP391.9

(上海交通大学图象处理与模式识别研究所 上海 200030)

Abstract This paper focuses on the issue of entities and behaviors in Virtual Reality (VR) systems, analyzing the types of entities, the levels of behaviors, and the relationship between entity-type and behavior-level, and discussing at what level of behavior the network interface of a distributed Virtual Reality (dVR) system should reside.

Keywords Virtual Reality (VR), Virtual Environment (VE), distributed Virtual Reality (dVR), Entity, Behavior

1 什么是实体和“行为”?

我们常说,虚拟环境中存在着众多的实体,每个实体均具有“行为”。究竟何为实体,何谓“行为”呢?实体是指存在于虚拟环境中具有意义的对象。例如:军事模拟中的“飞机”、“坦克”、“士兵”等。如果一个实体具有一系列的特征,则行为就是所有这些特征时刻变化的状态。例如,一实体可能具有称为“位置”的特征,当它移动时,位置便改变。它的位置随时间而变化的这种方式就是它的行为。

1.1 实体的分类

在讨论实体可能涉及的行为的类型前,有必要将实体进行分类。分类的方法很多;例如:根据实体移动与否,可以把它们划分为“静态的”和“动态的”。但实践证明,这并不是效果最好的分类方式。根据实体的行为,将其划分为“确定性的”和“非确定性的”这两种基本类型,这比简单地讨论动态和静态的实体更有意义。

此处,描述某一实体的行为是“确定性的”是指:它的状态是时间的一元函数;也就是说,我们可以确定实体在任意给定的仿真片(simulation tick)的完整状态。例如:求某实体仿真片 $t = 1300$ 秒的状态。我们可以在时间轴上前进或后退,跳到任意一个时间点上,求得该精确时刻实体的状态。

另一方面,具有非确定性行为的实体,其行为有着“不可预见”的特点。显然,人可以被归入到这一类。我们的所做所为是出于内在的原因,无法预见某人在未来的某个任意时间的行为。同时,人的行为还具有在时间上不可逆的特点。

然而,不仅仅是人类显示了其行为的不可预见性,而且任何具备基本的模拟智能的实体也具有类似的行为不可预见性。如果我们创造一个虚拟松鼠,并且实际建立了松鼠真实行为的模型,那么松鼠的行为便是不可预见的。再者,一个实体一旦直接或间接地和另一个非确定性的实体发生了作用,其自身也就成为非确定性的了。缘于不可预见的动作,它的状态也变得不可预见。

对每一基本类型(确定性的或非确定性的)还可以作进一步的细分。前者可进一步分为:“静态的”或“被驱动的”(animated);后者可以是“牛顿型的”(Newtonian)或“智能型的”。

静态的实体。显然,其行为具有确定性的特点,它的状态不发生变化,因此其任意时刻的状态是已知的。山脉、建筑物,以及任何一种永久性的结构都属于这一类。这并不是说,以上实体不能发生变化,山脉可能受到侵蚀,建筑物可能由于人的作用而变化。但是,允许这种变化的模拟将不再视其为“静态”实体。

郑白玫 博士生,研究方向为分布式虚拟现实。施鹏飞 教授,博士生导师,研究方向为图象处理,模式识别,计算机视觉,人工智能,虚拟现实。

·被掣动的实体。不同于静态实体,被掣动实体的状态随时间而变化。然而,其变化是容易预见的,并且是时间的一元函数,有可能是一系列预先设定的行为参数。被掣动实体的例子有:时钟的指针、绕地球旋转的月球、瀑布的动画纹理图、或者经历虚拟昼夜周期的世界的环境光照水平。

·牛顿型实体。区别于静态或被掣动的实体,牛顿型实体对它们的环境的变化作出反应,但是其反应的方式非常直接和一般。可以将它们提起、放下、丢落、扔出、或者让其互相碰撞,它们的反应将遵守其缔造者创立的任意虚拟物理法则。它们没有“意志”、目的以及智能,只是简单地对外界刺激作出反应。椅子、手电筒和棋子均是牛顿型实体。

·智能型实体。似乎具有自由的意志,它们具有特定的目标、复杂的行为、本质上是无法预见其行为的。显然,人类、飞鸟、在墙上爬行的蜘蛛、以及虚拟松鼠都属于该类。

我们主观地将实体作以上划分的意义何在呢?

首先,划分确定性行为和非确定性行为对于资源的再利用、缓存、以及网络带宽,有着重要的意义。当然,还有其它更加深远的意义。

不妨考虑一个虚拟教堂。某人用 CAD 包的形式创建了完整的、包括圣坛、长靠椅、以及美丽镶花玻璃窗的教堂。教堂一旦建立,人们便希望最大限度地使用它。事实上,如果人们可以同时以不同目的来使用它,将是较令人满意的。

这时,划分确定性和非确定性实体就显得比较重要了。把教堂作为一确定性实体集合来创建,就允许任意数目的使用者同时使用它。在现实世界的同一时刻,一些人可能将它用于一虚拟婚礼。另一些人可能将它用于一虚拟葬礼,还有一些人用它来做礼拜。他们将该教堂作为一种“子结构”来共享。但是,他们的并行世界是互不相同的,这是因为每个虚拟世界中的非确定性实体(例如:人)不尽相同。

在一个并行世界中,时间可能是上午10点;另一个世界可能是下午2点;而第三个世界可能是午夜。三个世界的环境光照将是正确的,原因是:教堂的建造者定义环境光照为一确定性行为。

显然,这样使教堂得到最大的利用,允许无数人同时使用它。一旦人们在任意的“时空”得见该教堂,就不必再次下载它;它被保持在缓存中,因此,改善了系统性能,并减少了带宽占用。

划分确定性行为/非确定性行为的意义还不止于此,为了揭示其它的优点,有必要更细致地研究行

为。

1.2 行为的级别

如前所述,每个实体都具有一系列的“特征”(例如:位置、方向、形状,等等),而行为则随时间改变这些特征。正如将实体划分为不同类别可以给我们启发一样,将行为划分为不同的“级别”也是不无益处的。

不妨以一个虚拟松鼠为例。它可能有几种“高级”的行为,诸如:贮存食物、逃避追猎者、或者寻找伙伴。在任一给定的时刻,它仅仅从事以上活动之一,它不会一边进食,一边逃避追猎者。例如,在“虚拟智能”的较高级别上,存在着选择行为的过程。这种选择可能基于任意个因素,比如:可能根据松鼠当前的“饥饿”程度来决定觅食还是寻找伙伴?在遭遇猎食者时,根据松鼠的速度、力量、与猎食者的距离、疲劳程度等来决定逃避还是与之搏斗?

有许多方法可为这种“行为-选择”级别建立模型。例如:可以将每一种高级行为作为一个单一的状态,建立在一状态机上;实体将处于“进食”状态,直到猎食者的出现触发这一状态向“逃避”状态转移。这种方法可以奏效,但难于扩充。我们每增加一个新状态,潜在地,就必须附加从已有状态向该状态的转移过程。

另一种方法(由 Eben Gay 提出)是:将每一种行为作为多任务系统的一个任务,将行为-选择机制视为调度器。任务的调度是基于特定于该任务的参数,诸如:饥饿度、恐惧度、等等。

事实上,每一智能型实体都可能具有一系列基本的“动机”,如:搏斗、逃避、进食等。

无论如何选择高级行为,每种高级行为均包括一系列较简单的活动。例如,贮存食物这一行为可能包括了:搜寻本地环境中类似于食物的物体;转动松鼠的身体、使之面对食物;使之向前跳跃,拣起食物。这些较简单的“中级”行为是构成高级行为的原语。

中级行为的作用方式是:随时间更改实体的状态,亦即:在每一模拟帧刷新实体的位置、方向等。

·行为的四个级别。正如可以对实体进行分类一样,可以把行为作一个层次的划分。该层次结构具有4个级别,大致对应于前面所定义的四类实体类型。四个行为级别如下所示:

0级:直接修改实体的特征。例如:“设定位置为(13.70,35.69,118.42)”。

1级:随时间的变化而修改实体的特征。例如:“以100cm/sec 的速度向前跳跃”。

2级:对1级行为的一系列调用,以执行某个任务。例如:“贮存食物”。

3级:顶层决策。例如:“决定是否贮存食物、逃避或寻找伙伴”。

3级行为负责选择2级行为,设立优先级,并作“执行级”的决策。2级行为将一个任务分解为更简单的1级动作,后者将最终刷新实体的状态。

较高级别的行为(2级和3级)可以用任意的方式实现,并且不一定涉及软件。例如,一个操纵其虚拟替身(avatar)的人便是一个高层决策源,2级和3级行为实际上是以网件(webware)实现的。用户向右扳动操纵杆,则激发了1级行为——“在5秒钟内,向右转动45°”;向前扳动操纵杆,则激发了“跳跃”行为。

需要说明的一点是:系统并不知道也不关心2级和3级行为如何实现,唯一重要的是1级行为,因为它将最终刷新实体的状态。

1.3 实体类型与行为级别的关系

在实体类型与行为级别之间存在着有趣的联系。0级行为涉及直接设定实体的特征,不牵涉时间的概念,这对应于“静态”实体。1级行为将实体的特征作为一时间的函数来修改,对应于“被掣动的”实体。2级行为对环境起反应,但是没有“主观的意志”,这很适合于“牛顿型”实体。最后,“智能型”实体展示了3级行为的特点,诸如:具有自由的意志、欲望、优先级,等等。

2 实体、“行为”与分布式虚拟现实

研究实体及其“行为”对于虚拟现实,尤其是网连的分布式虚拟现实系统具有重要的意义,这里要探讨的是:将网络接口建立于哪一个行为级较为妥当?

2.1 在行为级上选择网络接口的层次

一种简单的方法是把网络接口置于0级和1级之间,也就是说,在网络上传送的是实体的刷新消息,该信息给出实体的当前特征集。这是某些简单的网络游戏(如:DOOM)所采用的方式,它们在每个模拟帧发送实体的当前位置和方向。

一个较为复杂的方法是:把网络接口放在1级和2级之间,目的是发送为一时间函数的行为。这是DIS所使用的“Dead Reckoning”方法的推广。

将网络接口放在1级和2级之间有诸多好处。由于1级行为严格地为时间的函数,并等价于我们早先为“被掣动、确定性”的实体所定义的行为,可以用一

种简单的语言来描述那些简单的、受掣的行为,并表达非确定性实体的1级行为。

由于1级行为比较简单,实现就比较方便,并且容易移植,同时也减轻了计算的负担(考虑到主机仅由于“上色”这项工作已经处于重载状态)。

使1级行为的实现语言简单化,可以避免“语言冲突”,这样在2级和3级行为中使用任意语言,而不影响1级行为语言的通用性。Tol、Scheme、Lisp、Python等均可以最终调用1级行为。选用何种语言平台来实现某一实体的高级行为,取决于该实体的创建者。

是否有可能将网络接口向上移动一级呢?选用2级的问题在于:2级行为是非确定性的,它们涉及的决策是基于可用的信息。由于无法保证网络的每个主机的信息在每个模拟帧都是绝对最新的(up-to-date),也就无法确保实体在不同主机上的多个拷贝之间决策的一致性。例如,假如一个主机(主机1)收到了关于“狼”的行为刷新信息,而另一个主机(主机2)却没有,则主机1上虚拟松鼠的拷贝与主机2上的松鼠拷贝的行为会截然不同。由于其余实体将根据松鼠的行动作出决策,这种分歧会迅速加剧。整个世界将继续分化,而且没有可能重新达成一致。

这是关于确定性/非确定性行为的一个重要的议题。对于每个虚拟实体,非确定性决策必须发生且仅发生一次,而且不允许在各个主机上复制。

如前所述,2级和3级行为不一定以软件实现。要主机清楚哪个实体受人控制、哪个实体不受控制显然是不可行的,选择接口层时,应当使高级功能对于低级功能隐藏。这便是为何将网络接口选择在1级和2级之间,而不是更高。

2.2 浏览器应用层接口(Browser APIs)

如果把网络接口选在1级和2级之间,就不需要对2级和3级行为进行标准化。于是,余下的问题便是:1级和0级之间的接口如何工作?

我们所需要的是:一个相对于VRML浏览器的应用层接口(API),使得实现1级行为的应用程序可以向浏览器传递0级行为刷新消息。

这种方案的一个重要的优点是:现有的VRML浏览器不需要支持任何特定的编程语言,它们只是提供一个API(一个较简单的附加成分),余下的工作由外部应用程序来处理。用户可以混合和匹配浏览器与行为模块,甚至书写自己的行为模块。

新型的、描述1级行为的语言易于实现和测试,

(下转第40页)

语言进行了重写。CAD 实例是采用光线跟踪算法对几何造型进行还原的程序,原是一个用 C 语言实现的串行程序,我们采用 Ada95 语言基于 MASTER/SLAVE 模型进行了重写。

评测实例源程序是一个完整的带有 Task 描述的 Ada 程序,可以用单机的 Ada 编译器直接生成可执行代码,我们将这个可执行代码的运行时间作为单机运行时间。

评测实例源程序经过 P-Ada 预编译器后转换成为多个程序,主要有 Host 程序(由主程序变换而来)、taskdefs. adb(由源程序中 task 定义变换而来)及节点程序(对应于 task 类型)。节点程序的加载、task 接口调用变换等操作由系统自动进行,用户无需对程序进行任何改动。底层硬件系统配置,如使用物理节点个数等对用户程序是透明的,P-Ada 程序既可在 4 个节点的机群上执行,也可在 8 个节点的机群上执行,无需对程序做任何调整或重新编译,我们将 P-Ada 处理后的一组可执行程序的运行时间作为多机运行时间。

我们在一个由 8 台 Sparc20 经 10M 以太网连接而成的机群系统上对 P-Ada 并行编译系统进行了测试,测试结果如下:

	执行时间		加速比	并行效率
	单机(秒)	多机(秒)		
矩阵乘实例 浮点,600×600	398.191	56.213	7.08	88.5%
分数维实例 1024×680	62.183	9.299	6.69	83.6%
CAD 实例 1024×680	120.213	17.609	6.83	85.3%

由测试结果可以得出如下结论:①P-Ada 并行编译系统具有较好的相对加速效果,并行效率一般

在 85%左右。②并行加速效果与问题的可分性直接相关。一般来说,计算量大且通讯少的问题容易得到较好的加速效果。

小结 P-Ada 编译系统通过设计实现运行时系统和预编译系统,以及其它相关系统,在工作站机群系统上支持 Ada95 语言的并行编程,并行加速效果良好,Ada95 程序员可以不需修改原有应用程序,而可以利用工作站机群系统的计算资源和能力,使其具有良好的可移植性。

参考文献

- 1 Ada95 Reference Manual: Language and Standard Libraries ISO/IEC 8652:1995, Information Technology-Programming Languages-Ada
- 2 Gentleman W M, et al. Administrators and Multiprocessor Rendezvous Mechanisms. Software-Practice and Experience, 1992, 22(1): 1~39
- 3 Schonberg E, et al. Highly Parallel Ada-Ada on an Ultracomputer, Ada in Use. In: Proc Int. Ada Conf. 1985. 58~71
- 4 Lundberg L. A Parallel Ada System on an Experimental Multiprocessor. Software-Practice and Experience, 1989, 19(8): 787~800
- 5 Inverardi P, Mazzanti F. Experimenting with Dynamic Linking with Ada. Software-Practice and Experience, 1993, 23(1): 1~14
- 6 Mundie D A, Fisher D A. Parallel Processing in Ada. Computer, 1986(Aug.): 20~25
- 7 Schonberg E, Banner B. The GNAT Project: A GNU-Ada 9X Compiler. In: Proc. of Tri-Ada' 94. Baltimore, Maryland, 1994
- 8 Geist A, et al. PVM 3 User's Guide and Reference Manual. Oak Ridge National Laboratory, May 1994

(上接第 62 页)

我们只需对其进行标准化。标准化后的语言必须能够以时间函数的方式修改实体的状态;必须具有原语,以独立于平台的方式与特定平台的数据结构进行交互(最可能的方式是通过一浏览器应用层);还必须易于实现。

结语 实体及其行为是虚拟现实研究的重要议题之一。它对于日渐兴起的分布式虚拟现实研究更具有重要的意义。分布式虚拟现实系统涉及了大量种类各异、需要进行实时交互的实体,而实时交互则要求在实体之间高效地传递有关实体“行为”的信

息。因此,深入研究实体及其“行为”可以帮助我们合理利用有限的系统及网络资源,建立优化的系统模型和消息机制。

参考文献

- 1 汪成为,高文,王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用. 清华大学出版社,广西科学技术出版社
- 2 张明治,等. 虚拟生物的知觉构架. 计算机学报, 1996, 19(9月增刊): 90~98
- 3 Stydz R M. Distributed Virtual Environments. IEEE Computer Graphics and Application, 1996(May): 19~31