

# 分布式虚拟环境中兴趣管理技术的分类研究<sup>\*</sup>

沈瑜 崔业怡 李惠 孙元浩 潘金贵

(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 南京大学计算机科学与技术系 南京210093)

**摘要** 分布式虚拟环境作为虚拟现实与网络技术的结合有着广泛的应用,但却面临着扩展性的问题。而兴趣管理正是解决这一问题的有效技术之一。本文提出了基于〈表示模型、过滤规则、体系结构〉三个要素对兴趣管理进行分类的新方法,并据此对以往的分布式虚拟环境系统中采用的兴趣管理技术进行了分析和总结,籍以促进兴趣管理技术的进一步发展,此外简要介绍了南京大学 AIMNET 中所采用的兴趣管理技术。

**关键词** 兴趣管理,表示模型,过滤规则,体系结构

## Taxonomy Study of Interest Management in Distributed Virtual Environment

SHEN Yu CUI Ye-Yi LI Hui SUN Yuan-Hao PAN Jin-Gui

(State Key Lab for Novel Software Technology, Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 210093)

**Abstract** As the combination of virtual reality and network technology, distributed virtual environment (DVE) has widely availability. But the essential problem it faces is to build scalable communication architecture. Interest management (IM) is an efficient method to solve this issue. In this article, we present a new taxonomy of interest management based on its three elements: 〈representation model, filtering rule, architecture〉, and classify most existed interest management methods according to it. Besides, we briefly introduce the IM method used in the AIMNET—a DVE system of Nanjing University.

**Keywords** Interest management, Representation model, Filtering rule, Architecture

分布式虚拟环境(Distributed Virtual Environment, DVE)在网络环境下提供计算机模拟的虚拟世界,参与者在共享的三维空间中漫游,与其中的内容进行交互,并和其它参与者进行通讯。

DVE 作为虚拟现实技术与网络通讯技术的结合,一般来说,需要满足觉察(Awareness)、实时反馈(Responsiveness)和数据一致性(Consistency)三个基本性质<sup>[1]</sup>,而这三个性质的共同要求是能以最快的速度传播大量的信息。这在小范围网络上仿真少量对象的行为是可行的,但在广域网上较难做到。如同 Steve Benford 在 2001 年的 ACM 通讯上指出的: DVE 研究目前面临的第一大挑战,就是虚拟环境的规模扩展性问题<sup>[2]</sup>。

仅仅依靠网络速度和主机处理能力的提高无法完全解决扩展性问题,必须从软件方面着手采取措施,兴趣管理技术的引进就是为了解决这样的问题。通过兴趣管理可以剔除不相关的对象之间的不必要的通讯,从而减少整个虚拟环境的网络通讯量,因而是解决扩展性问题的关键技术之一。

本文从兴趣管理的概念入手,针对目前 DVE 技术发展过程中出现的众多的兴趣管理技术,找出其中隐含的共性,我们提出了一种用以表述兴趣管理的新的方式,以及兴趣管理新的分类方法,并进行了分析,据此对现有的 DVE 系统中的兴趣管理方法进行了分类总结。

## 1 兴趣管理

兴趣管理(Interest Management, IM)是一个用来降低网路通讯量的很有前景的技术<sup>[3]</sup>。具体而言,兴趣管理通过定义对象之间的通讯关系和信息的过滤规则,来确定哪些对象可

以进行通讯以及存在通讯关系的对象之间哪些内容需要传输,从而剔除不相关的对象之间不必要的通讯,达到减少整个虚拟环境需要的网络通讯量的目的。

Michael Macedonia 首先在他的博士论文中提出兴趣管理区域(Area of Interest Management)的概念,原意是每个对象都有一个感兴趣的范围,并且该对象只与位于它的兴趣范围内的其他对象进行通讯<sup>[4]</sup>。Steve Benford 则从人与人之间的协同和交互的角度出发,提出了空间交互模型的概念和方法,其实质也是定义了对象的兴趣范围,作为数据过滤的依据<sup>[2]</sup>。

随后,国内外出现的很多分布式虚拟环境的研究,如 DIVE、RING、MAVERIK/DEVA、MASSIVE-2、MASSIVE-3、NPSNET-IV、NPSNET-V 以及北京航空航天大学 DVENET 系统等都体现了兴趣管理的思想;同时,诸如觉察管理、相关性过滤<sup>[5]</sup>、分布式数据管理<sup>[4]</sup>和数据订阅等相似的思想也相继出现。

## 2 兴趣管理的分类

### 2.1 现状

目前已经出现并应用到具体系统中的这些兴趣管理技术或相似,或不同。此前,也曾有多位学者对这些兴趣管理技术进行了分类,希望从这些方法中找出共性,从而有助于加深对兴趣管理技术的理解,并可从中预见兴趣管理技术进一步的发展方向。

例如 C. Greenhalgh 根据虚拟环境的划分原则,将兴趣管理分为基于空间、基于内容和基于语义三类方法<sup>[1]</sup>。Macedonia 则认为兴趣管理可以分为基于空间、基于功能和基于组织三类方法<sup>[4]</sup>。Morse 则从兴趣的表示方法和实现兴趣管理的

<sup>\*</sup> 本课题受国家自然科学基金资助(编号60473571)。沈瑜 硕士研究生,主要研究领域为分布式虚拟环境、计算机图形学;崔业怡 硕士研究生,主要研究方向为计算机图形学和虚拟现实技术;李惠 硕士研究生,主要研究领域为分布式虚拟环境、远程渲染;孙元浩 硕士,主要研究领域为计算机图形学和分布式虚拟环境;潘金贵 教授,博士生导师,主要研究领域为多媒体信息处理、计算机图形学。

体系结构的角进行了分类<sup>[6]</sup>。

可以看到这些分类方法划分角度各有侧重,基准不一致,内容相互交叉,如果需要对兴趣管理技术进行深入研究的话,有必要为它提供一个统一的分类方法,这也是本文写作的目的之一。

## 2.2 兴趣管理的表述及分类法

纵观现有对兴趣管理的研究可以看到,兴趣管理本质是一种信息过滤的方法。而对任何过滤方法来说,首先应该具备待检测的对象以及用于检测对象的条件或对象集合,其次需要有检测的方法或者过程规则,最后是如何实现检测和过滤(例如检测的设施和地点等)。据此分析,综合构成兴趣管理的三个方面的要素,可以将兴趣管理重新表述为:(表示模型、过滤规则、体系结构)。

·表示模型 待检测的对象及其状态的表示方式,以及对象表达自身兴趣的方式(通常是条件集合)可以归结为表示模型。

·过滤规则 根据对象的表示方式以及兴趣表示方式来判断哪些对象通过检测的过程称为匹配。匹配过程的核心是过滤规则的定义。过滤规则可以是简单的值比较,也可以是复杂的逻辑规则。

·体系结构 描述了实现兴趣管理的软件配置和通讯方法。这里的体系结构是指分布式虚拟环境系统的体系结构中支持兴趣管理的部分。

下面将详细讨论构成兴趣管理的三个要素。

## 3 表示模型

表示模型作为兴趣管理技术的第一要素,用以表示待检测对象及其状态,因此表示模型的设计和选择作为建立兴趣管理机制的基础,有着至关重要的作用,直接影响兴趣管理甚至整个分布式虚拟环境中通讯的准确性、系统性能以及可扩展性。

在选择兴趣管理的表示模型时,一般需要首先确定兴趣管理的用途;对每一种用途,接着选择虚拟空间的划分标准(同时参考过滤规则),当然也可以多种标准混合使用;最后再依据每一种划分标准,选择合适的表示方法。

### 3.1 兴趣管理的用途

参考兴趣管理的概念,我们可以知道兴趣管理的实质在于决定了什么通讯应该被接收,什么信息应该被分布,什么信息应该被渲染。因此,兴趣管理在分布式虚拟环境中大致可以分为三种用途:

首先,兴趣管理对静态数据进行过滤。分布式虚拟环境中的很多静态数据如地形、环境等等需要及时复制到各个成员主机上。可以是预先完全拷贝在主机上(不允许发生改变或允许动态更新),也可以是主机仅在需要时再从其他主机或服务器上下载必要的的数据,这种情况下就要求对静态数据的传输进行兴趣管理,以避免传输主机不感兴趣的数据。

其二,对动态数据进行过滤。在分布式虚拟环境中,动态数据通常是指对象的状态信息(如 DIS 中的协议数据单元)和对象之间的交互/控制信息或称消息(如 HLA 中的交互对象),这些数据通常是临时性的或挥发性的。但在 DVE 的整体通讯量中,动态数据的通讯量占主体部分,所以兴趣管理对动态数据的过滤效果直接影响到整个系统的性能。

此外,兴趣管理还可以作为本地渲染数据的过滤。主机在本地进行渲染时,通常只需要渲染当前观察者视野内的场景,因而也可以采用兴趣管理的方法来过滤数据。

对每一种用途,都可以采用不同的兴趣管理方法,也就是

说兴趣的表示模型可以不同。

### 3.2 虚拟空间的划分原则

除了兴趣管理的用途,兴趣管理表示模型的选择还与虚拟空间的划分原则有关。不同的划分原则对应不同兴趣区域的表示方法。

我们可以根据虚拟环境的空间关系或者虚拟环境中对象的组织来划分。后者的组织之间可以是层次关系的,例如:县-市-省-国家。我们也可以根据虚拟环境中对象的不同功能进行划分,如地形等静态对象用以提高环境真实感而虚拟交通工具等动态对象则在于增强环境交互性。不同功能的对象,其订购区域需要选择合适的表示方法。

此外,还可以根据媒体类型划分。虚拟环境中的主要媒体有静态几何数据、纹理数据、语音数据、视频数据、动作脚本、状态消息、交互消息或参数等。虚拟环境中的对象可以选择接收或不接受的数据类型,据此来过滤不必要的信息。

除了上述的划分原则外,如果还可以按照仿真应用的实际需要来划分虚拟环境,那么可以把那种划分方法认为是按照语义来划分的,这是一个笼统的说法。其中比较典型的是按照逻辑关系进行的划分。

根据划分依据的不同,兴趣管理通常可以采取不同的表示方法,或者综合采取多种表示方法。

### 3.3 表示兴趣区域的方法

如前所述,兴趣管理的表示模型主要分为两个部分,一部分是对象及其状态的表示方法,另一部分是对象兴趣范围的表示方法,这对应 HLA 中的发布区域和订购区域的表示方法。在通常情况下,这两部分的表示方法可以是相同的。下面列出了比较重要的几种兴趣区域表示方法:

(1) 均匀网格 虚拟空间可以被划分为均匀的网格<sup>[4]</sup>。网格的形状通常是长方体,也可以是其他形状,对象的兴趣范围可以是对象当前所在网格及其邻近网格,而对象的发布范围仅是对象当前所在的网格。当对象运动时,它的订购和发布范围都作相应的改变。

(2) 层次式网格 由 Abrams 提出。这个方法首先将虚拟空间划分为一定大小的均匀网格。当某个网格内对象数超过设定的阈值时,该网格被分成若干等分,新的网格节点作为它的子节点。网格内的对象也根据它们的位置被重新分配到子节点中。这样每个网格节点内的对象数量都保持在阈值内,从而有效克服了“堆积”现象<sup>[7]</sup>。

(3) 尺度 在三维虚拟空间中,对象的订购区域用规则的几何体来表示(通常为棱与坐标轴平行的长方体)。长方体的长、宽、高分别表示对象的订购区域在三个坐标轴方向上的尺度范围。对象的发布区域也采用同样的方法表示。这种方法可以不局限于三维空间。当一个对象的发布区域和另一个对象的订购区域相交时,两者才可能发生通讯联系。

(4) 区域(Locale or Region) 虚拟空间还可以被人为地划分为比较大的区域,可以是各种形状的几何区域,称为 Locale。对象的订购和发布区域就是 Locale。多个 Locale 构成的虚拟空间可以是不连续的或者不同构的,Locale 方法的表达能力很强,可以表示各种构造的虚拟空间或逻辑空间。

(5) 频道(Channel)/类型标签(Tag) 除了空间关系外,还可以按照逻辑关系来定义对象的订购和发布区域。简单的方法是将对象划分为不同的等价类,对象的订购区域被定义为某个类型标记,并规定对象只接收同类型其他对象的消息。

(6) 表达式(Expression)/谓词(Predicate) 对象的订购区域可以被定义为一组关系表达式(一般使用=, >, <三种运算符),能够同时满足这些表达式的消息将被接收。通常每

一个属性对应一个或多个表达式。

更为一般和强大的表示方法就是谓词。谓词(包括函数)可以表示几乎所有的运算以及更多的复杂关系和规则。但由于谓词之间的匹配比较难以实现,谓词空间的计算也比较困

难,目前很少有分布式虚拟环境采用谓词方法来表示。

综上所述,例如,针对分布式虚拟环境中通讯数据的兴趣管理模型的选择关系我们可以用图1来表示。

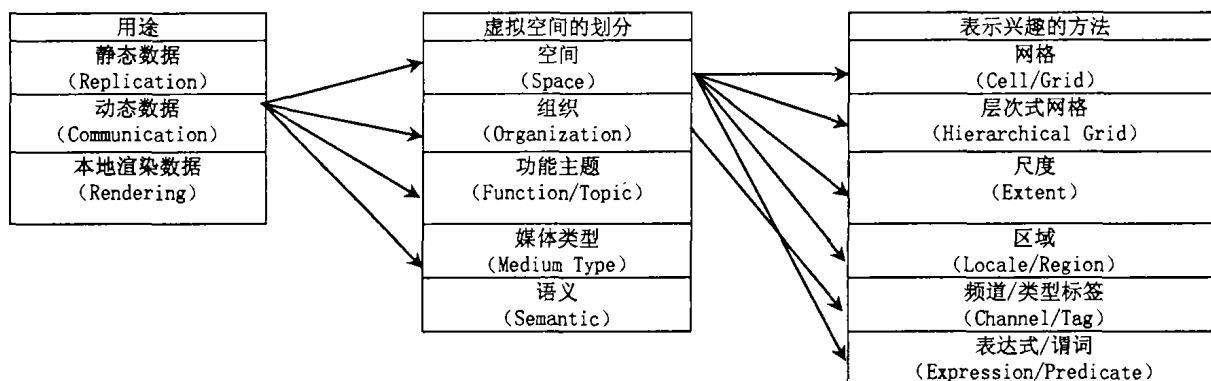


图1 表示模型的分类

#### 4 过滤规则

兴趣管理的第二个要素即过滤规则。过滤规则用来实现匹配,由于过滤规则的定义决定了匹配的方法,因而对兴趣管理的实现方法有着非常大的影响。本文对现有的兴趣管理技术中的过滤规则进行了归纳,从中总结出四种过滤机制。

(1)边界机制 在虚拟环境中,边界机制根据订购和发布的边界决定信息的过滤。很多虚拟环境中决定通讯关系的标准就是对象之间的距离,而绝大部分现有的兴趣管理方法都运用了边界机制。兴趣管理的表示模型中基于空间原则的表示方法,如网格、尺度、区域等都可以看作参照了边界规则而提出的表示方法。

(2)抽象机制 对静态物体来说,观察点距离它们越远,它们呈现出来的细节就可以越少,或者说它们可以用更抽象的形态来表现出来;对动态物体聚成的集合来说,如果观察点离开它们足够远,动态物体的行为就可以用整体的行为表现给观察者,这就是抽象机制,在很多文献中表现为聚集(Aggregation)。当然,除了纯粹距离引起的抽象外,还可以是语义上的抽象。

(3)抑制机制 表述了由于各种因素的影响,导致人们感知能力发生变化(减弱或增强)的情形。这种情况就无法用简单的边界机制来解释。典型的例子就是“竞技场效应”(Sport Arena Effect):体育场内台上的观众到运动员的距离与运动员到他的距离是相同的,但观众能够清楚地观察运动员的行为,而运动员则很难或不需要感知观众的行为。

(4)回声机制 虚拟环境中,除了对象之间可以相互传递状态和行为外,环境本身也可以根据用户的状态等信息,主动把相关信息发送给用户,这种效果类似于大自然中的回声,本文将之称为回声机制。在其他一些文献中,也称这种机制为“上下文效应”(Contextual Effects)<sup>[1]</sup>。

就现有兴趣管理系统而言,普遍采用了直观且易于实现的基于边界规则的过滤机制,而抽象机制、抑制机制和回声机制则作为对边界机制的补充,属于高级过滤机制,只在部分分布式虚拟环境中有所实现(见表1)。

#### 5 体系结构

兴趣管理必须通过其自身的体系结构与分布式虚拟环境的低层架构充分结合,才能更加完善地发挥其减少通讯量的优势。兴趣管理的体系结构实际上描述了实现兴趣管理的软

件配置和通讯方法。

##### 5.1 基于兴趣管理发生位置的角度

如果从分类法的因素来讨论体系结构,我们可以简单地按照兴趣管理发生的位置,将体系结构分为三类:基于接收端的兴趣过滤、基于发送端的兴趣过滤和基于中间节点的兴趣过滤。

•基于接收端的兴趣过滤 在这种方式下,发送端直接向所有接收对象进行广播,接收端在收到所有数据后再进行兴趣过滤。基于接收端的兴趣过滤最具准确性,但没有降低通讯量,因而无法起到增强扩展性的目的。

•基于发送端的兴趣过滤 在发送端进行兴趣过滤可以完全避免发送不必要的数据通讯,因而是最理想的兴趣管理位置。然而进行过滤的前提是需要大量接收端的信息,这些信息的收集仍然会制约系统的扩展。

•基于中间节点的兴趣过滤 中间节点(专用的服务器,或其他任何参与虚拟环境的主机,或是多个兴趣管理专用的主机)负责兴趣管理,主机向中间节点发送订购消息以及发布信息,中间节点根据过滤规则进行匹配和发送。这种方法可以减轻发送端和接收端的负担,并保持发送端和接收端之间的匿名性。

##### 5.2 基于通讯方法和拓扑结构的角度

由于兴趣管理的体系结构很大程度上决定了分布式虚拟环境的扩展性,因而其事实上也决定了分布式虚拟环境中数据通讯的结构,我们可以从通讯方法和拓扑结构的角度来对体系结构进行讨论。

###### (1)传统分布式虚拟环境中的通讯结构

在传统DVE领域中,使用的通讯结构通常只有两种:

客户/服务器结构(Client/Server)和对等结构(Peer-to-Peer)。客户/服务器模型中客户端之间的所有通讯都需要通过服务器转发,服务器负责协调客户机的行为,并承担兴趣管理的任务。其扩充性较好,同步控制简单,但服务器容易成为系统瓶颈,通讯时延较大,导致系统可扩展性差。而对等结构节点主机间完全分布,通过单播或组播通讯,系统健壮性较好,不存在瓶颈,其主要缺点在于通讯量大,一致性难以维护,系统难以扩展。

此外,有人还提出了混合结构的概念<sup>[4]</sup>。混合结构的提出是为了克服客户/服务器结构和对等结构各自的缺点,因此实际上很多系统都采用了一种多服务器的混合结构(有多个服务器采用对等结构,而用户的主机与服务器之间形成C/S结

构)或者层次式的混合结构(多个场景服务器之间组成层次结构)。但混合结构仍然无法解决分布式虚拟环境中的扩展性和用户对通讯内容频繁动态变更的问题。

(2)利用组播(Multicast)的通讯结构

传统分布式虚拟环境研究的通讯结构无法满足系统扩展性的要求,Multicast 因其自身能大大减少通讯量的特点开始作为通讯基础被研究。如可将虚拟环境中的空间区域划分为网格,与 Multicast 地址建立映射关系。

但由于 IP Multicast 技术本身面临的扩展性、管理和配置等困难,以及无法支持应用层的流量控制要求等问题,目前只能在一些专用网络上有限地利用 IP Multicast,这种方法仍不能解决规模扩展问题。此外还有很多学者在研究应用层的组播实现技术。

(3)发布-订购模式和主动路由

发布-订购模式(Publish-Subscribe)是分布式事件系统领域中解决大规模数据分发问题的技术。目前主要的基于内容的发布-订购系统,采用算术关系表达式(大于、小于和等于)的组合表示订购信息,采用等式组合表示发布信息。在决定转

发前,判断等式组合是否满足不等式组合列出的条件,从而决定向何处转发数据<sup>[6]</sup>。

Active Networks 中主动路由(Active Routing)<sup>[9]</sup>的核心思想是在网络环境中,根据所转发数据包的内容决定转发的目的地<sup>[9]</sup>。主动路由思想需要在 IP 路由协议的基础上,以软件的形式实现复杂的路由协议,使路由器具备复杂的路由能力。

此外,可以将主动路由的思想运用到分布式虚拟环境中,结合基于内容的发布-订购模型设计灵活的体系结构,成为解决分布式虚拟环境扩展问题的又一有效的方案。如 S. Zabele 首先将这种思想引入分布式虚拟环境中,并做了有益的尝试<sup>[10]</sup>,提出了主动兴趣过滤(Active Interest Filtering, AIF)。

6 现有兴趣管理方法的分类

根据本文提出的兴趣管理新的表述:(表示模型、过滤规则、体系结构),以及对各要素的简单分析的基础上,我们对现有的分布式虚拟环境中使用的兴趣管理方法进行了分析总结归类,分析列于表1。

表1 对现有兴趣管理方法的分类

	表示模型	过滤规则	体系结构	
			兴趣管理发生的位置	通讯结构
DIS	标签 (协议数据单元的标记)	标签相同	接收端过滤	未限定
NPSNET-IV	均匀网格	边界机制 (邻近网格互相通讯)	发送端过滤	混合结构 +Multicast 支持
BrickNet	标签(对象标记)	标签相同	服务器端过滤	多服务器的混合结构
MASSIVE-2	尺度 (Aura,Focus and Nimbus)	边界机制 (空间交互模型)	服务器端过滤	客户/服务器 +Multicast 支持
DIVE	标签 (逻辑组织)	标签相同 (同组互相通讯)	层次式服务器端过滤	多服务器的混合结构 +Multicast 支持
NPSNET-V	层次式网格	边界机制 (相同网格互相通讯)	发送端过滤 +AOIM 服务器支持	多服务器的混合结构 +Multicast 支持
MASSIVE-3	区域 (Locale)	边界机制 抑制机制 回声机制	服务器端过滤 (Aura Manager)	多服务器的混合结构 +Multicast 支持
Community Place	尺度 (Aura,Focus and Nimbus)	边界机制 (空间交互模型)	服务器端过滤 (Aura Manager)	客户/服务器
RING	区域(可见区域)	边界机制	(多)服务器端过滤	层次式的混合结构
SPLINE	区域 (Locale)	边界机制	服务器端过滤	对等结构 +Multicast 支持
ALSP	关系表达式	边界机制	发送端过滤+接收端过滤	无 Multicast 支持
MAVERIK/DEVA	混合方式	边界机制	主要为服务器端过滤	多服务器的混合结构
STOW-E	网格	边界机制	中间节点过滤 (Application Gateway)	无 Multicast 支持
HLA	标签和关系表达式	边界机制	未限定	未限定

7 AIMNET 中兴趣管理的实现

从2001年11月至今,在对分布式虚拟环境实现的各项关键技术进行了广泛的调查和研究的基础上,南京大学计算机系自行设计开发了分布式虚拟环境系统 AIMNET(Active Interest Management NET)。在 AIMNET 中,我们根据动态数据和静态数据各自的特性分别采取不同的兴趣管理方法。对前者首次提出了一个结合运用主动路由思想、基于内容的发布-订购模式、应用层组播技术的可扩展的主动兴趣管理方法,而对静态数据则进行分布式存储,增加定位服务机制,使用户可以快速访问满足空间和逻辑兴趣的场景数据,并提出

了累进式渲染技术进行场景的远程渲染。

遵照上文对兴趣管理提出的新的表述:(表示模型、过滤规则、体系结构),AIMNET 中的兴趣管理技术在设计和实现上也都作了有益的尝试。

AIMNET 采取属性关系表达式作为兴趣管理的表示模型,提出了兴趣表达式的聚集方法,从而进一步降低了系统的存储量。特别是借鉴 IP 协议中超网/子网的构建方式,提出了属性值的聚集方法。这个方法不仅实现了属性值的聚集,还实现了属性值的超集/子集(集合)关系。

此外,同现有的分布式虚拟环境类似,AIMNET 的过滤

(下转第124页)

的丰富教学资源,充分调动学生学习积极性。

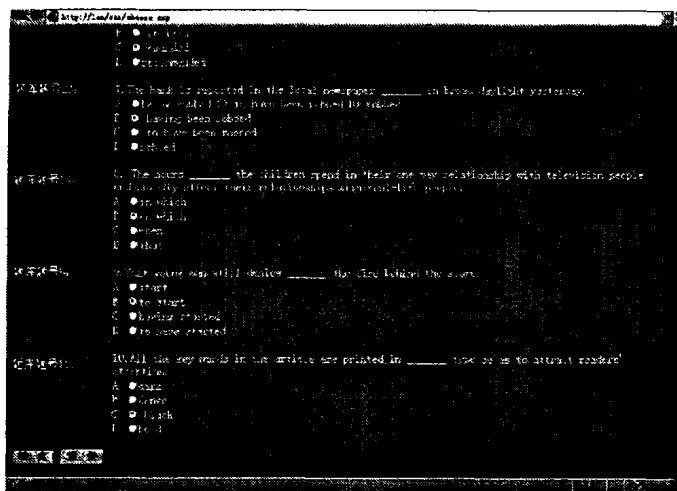


图3(a) 考试测评系统选择题考试界面

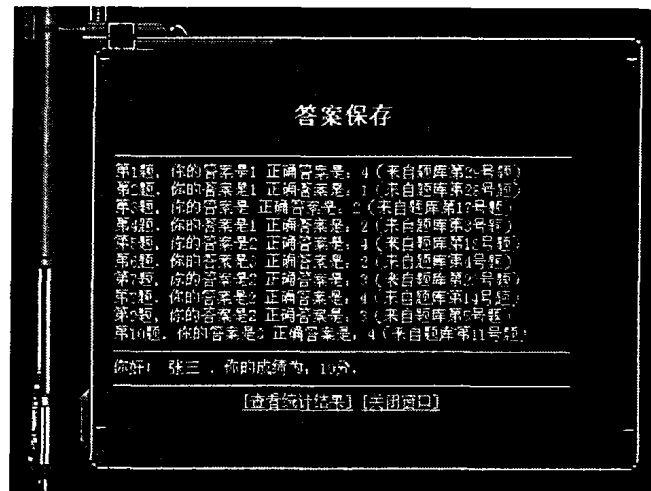


图3(b) 选择题评分界面

鉴于课程内容中各种媒体素材制作工具、多媒体创作工具的学习实践性强的特点,教学设计着重体现“参与式”学习和“协作式”学习模式<sup>[3]</sup>,设计虚拟学习环境,加强实践练习。

**总结** 网络多媒体教学是计算机多媒体技术、网络通信技术与现代教育理论相结合的产物。它的主要特点是:①以高科技为手段。②不受时空、地域的限制。③可以通过网络共享丰富的教育资源。但是我国的多媒体教学还处于初级阶段,高校在开展多媒体教学及网络教学的过程中还存在着一些问题和不足,主要表现在以下四个方面:1、目前高校的教师对多媒体教学及网络技术的认识深度和接受程度不一;2、投入不足;3、教师掌握程度参差不齐;4、设备维护不够及时。因此高质量

网络教学的真正实施还有许多问题待研究和解决,困难不少,不能盲目乐观。

### 参考文献

- 1 谢晓兰,梁晓诚,等. 对 E-Learning 模式的探讨与比较. 桂林工学院学报,2003(23):117~119
- 2 谢晓兰,冯嘉礼. 基于流媒体的 VOD 网站的架设. 广西科学,2003(4):230~233
- 3 钟雁. 体现远程网络课程自主式学习的教学. 现代教育技术,2001(4):2~3

(上接第117页)

机制主要基于边界过滤,根据由属性关系表达式表述的订购和发布的边界决定信息的过滤,采用了一种改进的快速匹配算法进行兴趣区域表达式匹配。在此基础上,AIMNET 还实现部分的高级过滤机制,主要包括抑制机制的两种表现形式,即在对象所处的空间密度过大(对象过多)和对对象进入特殊区域时(例如封闭的房间),对对象的感知能力和影响能力进行限制或放大,进而推广为更为普遍的流量控制和拥塞控制方法,从而减少通讯量以增强扩展性。

在体系结构上,AIMNET 基于中间节点进行动态数据的兴趣过滤,并首次采用双向共享组播树作为兴趣管理的通讯拓扑结构,根据数据包的兴趣区域进行主动过滤和转发,据此构造通讯数据的转发网络,从而使得兴趣管理系统的实现结构与动态数据的通讯结构充分结合。这种方法同时满足了减少存储量和通讯量的要求以及快速动态改变通讯关系的要求,在南京大学的校园网内进行的实验中取得了很好的效果。

**结论** 兴趣管理是解决分布式虚拟环境中扩展性的技术之一,针对现有兴趣表示模型研究分散,缺乏对兴趣管理统一的信息表示方法和分类法,我们提出的基于(表示模型、过滤规则、体系结构)的兴趣管理的表述,能有效地对现有兴趣管理进行分类分析,从而加深对兴趣管理技术的理解,并有助于兴趣管理技术的进一步的发展。我们以此为指导,设计实现的 AIMNET 中的兴趣管理体系,取得了很好的试验效果。

### 参考文献

- 1 Greenhalgh C. Large Scale Collaborative Virtual Environments:

[PhD Thesis]. The University of Nottingham,1997

- 2 Benford S,Greenhalgh C,Rodden T,Pycocock J. Collaborative Virtual Environments-to what extent is cyberspace a really space. In: Communications of the ACM,July 2001,44
- 3 Capps M,Watsen K,Zyda M. Cyberspace and Mock Apple Pie. In: IEEE Computer Graphics and Applications,Nov./Dec. 1999
- 4 Macedonia M,Pratt D,Zyda M. NPSNET: A Network Software Architecture for Large Scale Virtual Environments: [PhD Thesis]. Naval Postgraduate School,1995
- 5 Capin T K. Avatars in Networked Virtual Environments. John Wiley & Sons Ltd,1999. 18~56
- 6 Morse K L. An Adaptive, Distributed Algorithm for Interest Management: [PhD Thesis]. University of California,2000
- 7 Abrams H A. Extensible Interest Management for Scalable Persistent Distributed Virtual Environments: [PhD Thesis]. Naval Postgraduate School,1999
- 8 Fabret F,Jacobsen A,Llirbat F,Pereira J,Ross K,Shasha D. Filtering Algorithms and Implementation for Very Fast Publish/Subscribe Systems. In SIGMOD' 2001
- 9 Tennenhouse D L,Smith J M,Sincoskie W D,Wetherall D J,Minden J. A Survey of Active Network Research. IEEE Communications Magazine,1997
- 10 Zabele S,Stanzione T. Interest Management Using an Active Networks Approach. In: Proc. of the Simulation Interoperability Workshop, March 2000
- 11 孙元浩,等. 可扩展主动兴趣管理技术研究. 中国图象图形学报,2003特刊,18:771~775