

# 协同学习环境中的嵌套式知识空间模型及实现<sup>\*</sup>)

王进峰 詹永照 毛启容

(江苏大学计算机与通信学院 镇江212013)

**摘要** 针对传统协同学习系统中普遍存在着学习材料组织混乱、学习工具隔离使用和感知处理困难等问题,本文提出了嵌套式知识空间模型,该模型包含知识域、知识域之间的包含关系、相关关系、拟序关系和并行关系以及知识空间等概念。根据此模型建立的协同学习系统中,可将学习材料及学习工具和学生的学习过程有机的整合在一起,提高学生的学习效果。另外本文还给出了描述此模型的具体数据结构和相关算法,并开发了相应的工具给教师进行模型管理。

**关键词** 计算机支持的协同学习,嵌套式知识空间模型,知识域,知识空间

## Nested knowledge Space Model and Implementation for the Collaborative Learning Environment

WANG Jin-Feng ZHAN Yong-Zhao MAO Qi-Rong

(College of Computer and Communication, Jiangsu University, Zhenjiang 212013)

**Abstract** For the problem of data's mismanagement, separated usage of study tools and hard for awareness processing widely existing in the traditional collaborative learning system, the nested knowledge space model is presented in this paper, which includes the concepts of knowledge domain, inclusion relation, correlation relation, quasi-order relation and parallel relation among the knowledge domain, and knowledge space etc. In the collaborative learning system based on this model, the learning materials and study tools are integrated compactly with the user's learning process and help the learner studying. In addition the data structure and algorithm for this model are described in this article, the tool developed for the teachers to manage the model is introduced in the end of this paper.

**Keywords** Computer supported collaborative learning, Nested knowledge space model, Knowledge domain, Knowledge space

## 1 引言

设计一个好的协同学习环境常取决于整个系统中的资料的组织和管理的。WWW中广泛使用的超文本揭示了概念、逻辑之间的内部联系和相互之间的依赖关系,但是将超文本作为协同学习环境的组织形式则有一定的缺陷,在超文本杂乱的链接导航下,用户容易在超文本材料中迷失方向<sup>[1-4]</sup>,无法集中注意力于所关心的问题学习。为了解决此问题,国内外都做了很多的研究工作,提出了多种导航方法,例如鱼眼视图、潜套树、历史列表等,但是对于协同学习系统,这些工具的导航功能显得不足。文[3]中的“超文本学习状态空间”提供了一种组织学习的方法,其缺点主要表现在“知识状态”和“知识点”,在层次上的截然分离,在实际中,某个知识状态可以作为一个范围更广的知识状态的“知识点”,该模型还忽略了知识状态之间潜伏存在的多种关系。文[4]中的ELM-ART系统强调了学生学习过程中的学习顺序,但是它并未考虑到多门课程之间得的相关关系。

因此我们在知识空间理论<sup>[5]</sup>的基础上提出了嵌套式的知识空间模型,根据此模型可以方便地进行学习资料管理,解决学习者“迷向”的问题。在传统的协同学习环境中,学习工具(包括课件区、讨论板、聊天室、题库等)经常会被隔离使用,学生需要经过多次周转才能找到其需要的内容。在嵌套式知识空间模型之上,可以根据知识域进行工具的配置,为每个知

识域提供讨论板、试题,学生可以在知识域的导航下,快捷地得到其所需要的各项内容,还可以从系统的历史记录中学习前人关于此知识域的学习经验,更有利于自己的学习。

另外,协同学习系统中的感知处理是一个极其重要的内容,以往的系统很难为协同学习系统中的用户提供灵活的多级感知处理支持。文[5]中采用主题图(Topic Map)<sup>[6]</sup>进行文档组织,此方法不利于用户间感知处理的进行。在嵌套式知识空间模型的基础上,则可方便地为用户配置多级感知空间,从而通过感知信息处理工具有助于用户之间交流信息。

本文首先给出嵌套式知识空间模型的具体描述,接着给出该模型的具体数据结构和算法,最后介绍教师端的知识空间管理工具的实现。

## 2 嵌套式知识空间模型

我们提出一个嵌套式知识空间模型,以此模型之上展开协同学习环境的文档资料的组织和管理的。该模型涉及到的概念包括:知识域、知识域之间的四种关系以及知识空间等,具体描述如下:

**定义1** 具有特定范围的相对独立的数学目标被称为知识域,用 $k$ 表示,知识域的全集用 $I$ 表示。

知识域之间的存在着四种关系:包含关系、相关关系、拟序关系和并行关系。它们分别描述如下:

**定义2** 知识域之间的包含关系是指知识域 $x, y$ 之间的

<sup>\*</sup>)本文得到国家自然科学基金项目(项目编号60273040)、教育部科学技术研究重点项目(项目编号01041)和江苏省教育厅自然科学基金项目(项目编号02KJB520003)资助。王进峰 硕士研究生,主要研究方向为CSCW。詹永照 教授,博士,主要研究方向为分布式计算。毛启容 助教,硕士,主要研究方向为CSCW。

直接从属的关系,可以表示为  $L = \{ \langle x, y \rangle \mid \text{知识域 } x \text{ 直接从属于知识域 } y \}$ 。例如图论是离散数学中的一个知识环节。如在图1中,  $\langle P, P_0 \rangle \in L$ 。

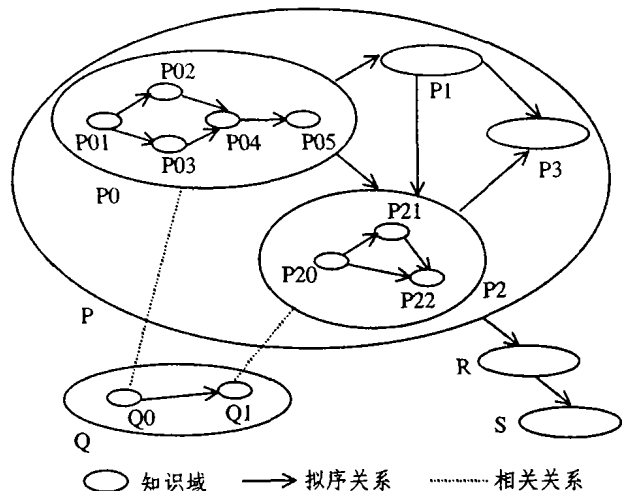


图1 嵌套式知识空间模型示意图

**定义3** 知识域之间的相关关系是指知识域  $x$  和  $y$  相关或相似,可表示为  $M = \{ \langle x, y \rangle \mid x \text{ 和 } y \text{ 是具有一定相关性的知识域} \}$ 。例如汇编语课程里的图论和数据结构课程里的图论具有一定的相关性。如在图1中,  $\langle P_0, Q_0 \rangle \in M$ 。

**定义4** 知识域之间的拟序关系是指学习知识域  $x$  是学习知识域  $y$  的前提<sup>[7]</sup>,可表示为  $N = \{ \langle x, y \rangle \mid \text{学习知识域 } x \text{ 是学习知识域 } y \text{ 的前提条件} \}$ 。它可以解释为如果学习知识域  $y$ ,则必须先学习知识域  $x$ 。例如:在离散数学中学习集合论之前必须学习数理逻辑。如在图1中,  $\langle P_0, P_1 \rangle \in N$ 。

**定义5** 知识域之间的并行关系是指同一层上的知识域  $x$  和  $y$  在某一学习步骤中是可选择的,它们之间不存在着拟序关系,可表示为  $T = \{ \langle x, y \rangle \mid \langle x, y \rangle \in N \wedge \langle y, x \rangle \in N, \text{ 其中 } \langle x, k \rangle \in L \wedge \langle y, k \rangle \in L, \text{ 而 } x, y, k \in I \}$ 。例如数据结构和算法设计是可以同时进行学习的。如图1中,  $\langle P_{02}, P_{03} \rangle \in T$ 。

为了描述知识域的方便,我们定义了操作  $Op(A, R, x)$ ,具体描述如下:

**定义6** 操作  $Op(A, R, x) = \{ y \mid y \in A, \langle x, y \rangle \in R \}$ ,其中  $A$  是集合,  $R$  是集合  $A$  上的二元关系,  $x$  是集合  $A$  中的元素,它返回集合  $A$  中所有和元素  $x$  具有关系  $R$  的元素。在图1中,  $Op(I, L, P) = \{ P_0, P_1, P_2, P_3 \}$ ;  $Op(I, N, P_0) = \{ P_1, P_2 \}$ 。

根据以上定义,我们可以这样描述知识域:

**定义7** 知识域可以表示为 KnowledgeDomain (KnowledgeDomainID, Description, AL, AM, AN, AT, AD, Parent)。其中 KnowledgeDomainID 是知识域的编号,不可重复; Description 是知识域的描述字段; AL 定义为和知识域  $k$  构成包含关系的所有知识域的集合,即  $AL = Op(I, L, k) = \{ y \mid (y \in I) \wedge \langle k, y \rangle \in L \}$ ; AM 定义为与知识域  $k$  构成相关关系的所有知识域的集合,即  $AM = Op(I, M, k) = \{ y \mid (y \in I) \wedge \langle k, y \rangle \in M \}$ ; AN 定义为和知识域  $k$  构成拟序关系的知识域集合,可以表示为  $AN = Op(I, N, k) = \{ y \mid (y \in I) \wedge \langle x, y \rangle \in N \}$ ; AT 定义为和知识域  $k$  构成并行关系的知识域集合,可以表示为  $AT = Op(I, T, k) = \{ y \mid (y \in I) \wedge \langle k, y \rangle \in T \}$ ; AD 定义为该知识域  $k$  拥有的文档的集合; Parent 定义为当前节点的父节点。如在图1中,知识域  $P_2 = (P_2-ID, P_2-Description, \{ P_{20}, P_{21}, P_{22} \}, \{ Q_1 \}, \{ P_3 \}, \emptyset, P_2-AD, P)$ ; 而知识域  $P_{20} = (P_{20-ID}, P_{20-Description}, \emptyset, \emptyset, \{ P_{21}, P_{22} \}, \emptyset, P_{20-AD}, P_2)$ 。

**定义8** 知识空间是指由某个知识域及其所有内部知识域构成的集合,用  $S(k)$  表示,其中  $k$  是指某个知识域,  $S(k) = \{ \{ k \}, k, AL = \phi, \{ k \} \cup \bigcup_{\ell \in k.AL} S(\ell), k, AL \langle \rangle \phi \}$ 。在图1中,  $S(P_0) = \{ P_{01}, P_{02}, P_{03}, P_{04}, P_{05} \}$ 。

由定义1到定义8,我们可建立嵌套式知识空间模型,其中通过包含关系、拟序关系、并行关系可以控制学生的学习过程。在此模型中,学生进行某个学习目标的学习过程就是对相应的知识空间中的嵌套网络图遍历访问的过程。学生学习知识域  $k$  时,应先完成知识域  $k$  的所有子知识域的学习,然后才能完成知识域  $k$  的学习,而对于  $k$  的每个子知识域,应同样遵照此规则。在同一层上的子知识域之间存在着拟序关系和并行关系,根据知识域间的拟序关系的定义,学生必须按照拟序关系依次学习,但可以在并行知识域之间任意选择,甚至可通过多个窗口同时进行学习。在学生学习知识域  $k$  时,学生可通过该知识域的相关关系得到与知识域相关的内容。

在嵌套式知识空间模型基础之上,我们可根据用户所在知识域  $k$  的位置,根据不同的规则生成多级感知空间,在不同空间内分别对空间内的用户进行感知处理。通过协同环境中的感知处理,了解其他人的学习活动,增强与他人的交流,从而帮助自己的学习。下面我们对此模型进行相应的数据结构和算法描述。

### 3 嵌套式知识空间模型的数据结构和算法

知识域的数据结构为多链的链表结构,该结构可方便用于表示知识域之间多种关系和生成嵌套式知识空间模型中嵌套网络的算法,描述如下:

```
struct KnowledgeDomain {
    int KnowledgeDomainID;
    string Description;
    KnowledgeDomainLink * Son, * Related, * Brother;
    KnowledgeDomain * Parent
};
```

链表节点 KnowledgeDomainLink 的定义会在后面描述。KnowledgeDomainID, Description 含义如定义7所描述; Brother 指向的链表中的元素的属性 PointerToKnowledgeDomain 指向的知识域和当前知识域构成拟序关系,如图1中  $P_0$ . brother 指向的链表将会包括分别指向知识域  $P_1, P_2$  的两个指针; Son 指向的链表中的元素的属性 PointerToKnowledgeDomain 指向的知识域和当前知识域构成包含关系。如图1中  $P_0$ . Son 指向的链表中将会包括  $P_{01}, P_{02}, P_{03}, P_{04}, P_{05}$ ; Related 指向的链表中的元素的属性 PointerToKnowledgeDomain 指向的知识域与当前知识域构成相关关系,如图1中  $P_0$ . Related 指向的链表将会包括指向知识域  $Q_0$  的指针。Parent 是指向父节点的指针。

链表节点 KnowledgeDomainLink 具体定义如下:

```
struct KnowledgeDomainLink {
    KnowledgeDomain * PointerToKnowledgeDomain;
    KnowledgeDomainLink * next;
};
```

其中 PointerToKnowledgeDomain 是指向某个知识域的指针, next 是指向链表下一个元素的指针。

在此模型中,每个知识域拥有一系列的文档,对知识域的内容进行详尽描述。我们将其数据结构描述为:

```
struct Document {
    int DocumentID;
    int KnowledgeDomainID;
    Text DocumentContent
};
```

其中 DocumentID 是文档的编号,不可重复; Knowle-

dgeDomain 是该文档资料所在的知识域的编号; DocumentContent 是文档资料的内容。一个知识域可以拥有多个文档。

利用 KnowledgeDomain 和 KnowledgeDomainLink 这两个数据结构,我们可以描述图1中所示的嵌套式知识空间模型的嵌套网络图。根据这两个数据结构的定义,算法1具体描述了如何生成嵌套式知识空间模型中的嵌套网络图。

**算法1** 用户在知识空间管理界面上选择好待加入知识域的相关节点 Parent、Brother、Related 后,调用如下的 Build 过程,即可将该知识域成功插入到嵌套网络图中去。Build 过程中参数 Description 是待创建知识域的描述, pParent、pBrother、pRelated 分别指向与该知识域构成包含、拟序、相关关系的知识域。

```
Build (string Description; KnowledgeDomain* pParent, * pBrother, *
pRelated) {
    KnowledgeDomain* p = new KnowledgeDomain (NextID (),
    Description, 0, pRelated, 0, pParent);
    KnowledgeDomainLink s = new(p, pParent -> Son. next);
    pParent -> son. next = s;
    KnowledgeDomainLink b = new(p, pRelated -> Related. next);
    pRelated -> Related. son. next = b;
    KnowledgeDomainLink b = new(p, pBrother -> Brother. next);
    pBrother -> Brother. son. next = b;
}
```

在此模型中,学生进行某个学习目标的学习过程就是对相应的知识空间中的嵌套网络图遍历访问的过程。算法2给出了该递归遍历算法,当访问知识域 k 时,如果其内部包含有子知识域,即 p. son 不为空,则应该先遍历其所有子知识域。当知识域 k 的所有子知识域均已学习完毕,知识域 k 的学习工作才可正式完成;对于知识域 k 内部包含的子知识域,则需要利用拟序关系对这些知识域进行排序,然后分别访问每个知识域。

**算法2** 此算法中参数 pK 是指向知识域 k 的指针。

```
void Travel (KnowledgeDomain* PK) {
    if pK. son == NULL
        then 直接访问知识域 k, 完成知识域 k 的学习;
    else {
        学习知识域 k 的前言;
        按照拟序关系给 k 的子知识域进行排序,重新存放于 pK. son 链表中;
        KnowledgeDomain* index = pK. son;
        While(index != Null) do { //对每个子知识域进行递归访问
            Travel(index);
            index = index. next;
        }
        学习知识域 k 的总结,完成知识域 k 的学习;
    }
}
```

#### 4 嵌套式知识空间管理工具的实现

我们为嵌套式知识空间模型开发了用于管理此模型的工具。考虑到管理过程中的交互的方便,在此我们选择了 AciteveX 技术开发此工具,可将它嵌入到网页中进行发布,这样教师可以通过 Web 的方式进行远程管理。其运行界面如图2,它可以根据用户的鼠标位置给出相应图例的提示。该工具可以让教师方便地进行嵌套式知识空间的管理,包括维护知识域以及知识域之间的关系。图2的左侧是嵌套式知识空间包含的所有知识域构成的树状列表,它仅仅表达了模型中知识域之间的包含关系,通过此树状列表教师可以了解知识空间中知识域的分布情况。当用户选择树状列表中的某知识域时,那么在图2的右侧会自动显示出此知识域内部所直接包含的各子知识域及其之间的相关、并行和拟序关系。当创建知识域时,系统会自动记住教师当前所选择的父知识域,创建它们之间的包含关系;教师可以像画图一样便捷地构造出知识域

之间的相关、并行和拟序关系。系统也可以使用数据挖掘的方法,在系统的运行过程中根据学生的访问情况,分析得到各知识域之间的相关关系。在建立知识空间模型之后,教师可通过工具为知识域添加相关文档。

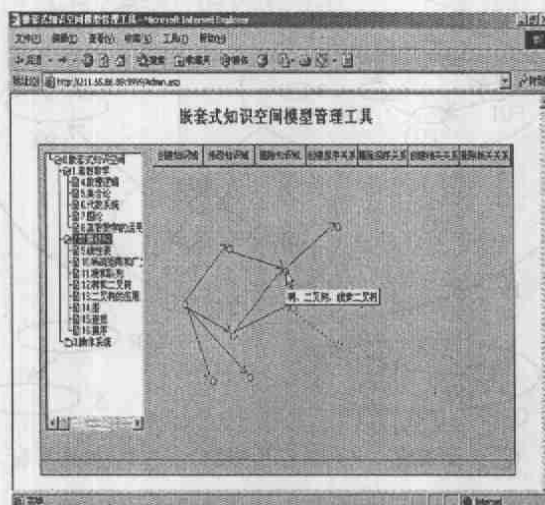


图2 嵌套式知识空间模型管理工具

**结束语** 作为远程教育的平台,基于 Web 的协同学习环境中的研究工作显得极为重要。而协同学习环境中的资料的组织管理和感知处理对协同学习环境的成功有着举足轻重的作用,本文提出了嵌入式知识空间模型和基于该模型的学习材料组织方法和感知处理模型,并进行了原型开发工作。在此模型基础上建立的协同学习环境,以嵌套式知识空间模型中的知识域为主干,将学习资料的存储位置和学生的学习目标结合在一起,方便学生的学习,较好地解决了“学习这容易迷失方向”的问题。此外,该模型考虑的知识域关系齐全,系统容易统计各在线学习者的学习位置和学习内容,为进一步研制按学习目标和关注的学习点组织灵活的多级感知处理工具提供了良好的技术支持。

#### 参考文献

- 郭健强,龚杰民. 超文本中的迷路问题. 西安电子科技大学学报, 1997, 24(1): 96~101
- 马瑞民,衣治安. WEB 上超文本数据导航方法的研究. 情报学报, 2001, 20(5): 537~544
- 高尚,常桂然,赵宏. 超文本学习状态空间模型与学习控制. 计算机研究与发展, 1999, 36(12): 1437~1441
- Weber G, Specht H M. User Modeling and Adaptive Navigation Support in WWW-Based Tutoring Systems. In Anthony Jameson, Cécile Paris, and Carlo Tasso (Eds.), User Modeling: Proceedings of the Sixth International Conference, UM97. Vienna, New York: Springer Wien New York
- Mendes M E S, Martinez E, Sacks L. Knowledge-based Content Navigation in e-Learning Applications. In: Proc. of the 2001 BISC Intl. Workshop on Fuzzy Logic and the Internet, FLINT 2001, Memorandum No. UCB/ERL M01/28, University of California Berkeley, Aug. 2001. 176~181
- Newcomb S R, Biezunski M. The Structure of Topic Maps Foundations. June 2001. <http://www.topicmaps.net/>
- Albert D, Hockmeyer C. Adaptive and dynamic hypertext tutoring systems based on knowledge space theory. In: Benedict du Boulay and Riichiro Mizoguchi, eds. Artificial Intelligence in Education: Knowledge and Media in Learning Systems, volume 39 of Frontiers in Artificial Intelligence and Applications, Amsterdam, IOS Press, 1997. 553~555