

◎ 研发、设计、测试 ◎

基于笔的概念图协同绘制工具

芦宏亮^{1,2}, 华庆一^{1,2}, 蔡萍^{1,2}, 刘庆芳^{1,2}LU Hong-liang^{1,2}, HUA Qing-yi^{1,2}, CAI Ping^{1,2}, LIU Qing-fang^{1,2}

1. 西北大学 信息学院 计算机科学系, 西安 710069

2. 中国科学院 计算机科学国家重点实验室, 北京 100080

1. School of Information Science, Northwest University, Xi'an 710069, China

2. The State Key Laboratory of Computer Science, Institute of Software, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China

E-mail: meiyouli@163.com

LU Hong-liang, HUA Qing-yi, CAI Ping, et al. Pen-based concept mapping collaborative drawing tool. Computer Engineering and Applications, 2009, 45(8): 64-67.**Abstract:** Through researching drawing way of concept mapping in modern education and group collaborative learning, simulating the pen-paper interactive mode of user's reality environment, authors develop a tool which is pen-based and supports group to edit the concept mapping collaboratively. The electronic pen which replaces the mouse and keyboard is used real-time drawing the concept mapping in the tool. The tool supplies multimedia communication information which is composed of literal, audio and video, enhancing the ability of collaborative awareness of system, group user can collaboratively draw concept mapping through convenient, natural and effective mode.**Key words:** concept mapping; pen interaction; collaborative awareness**摘要:**通过对实际教学中概念图和群体协同学习进行研究,模拟人们使用纸笔交互方式的习惯,用电子笔取代了鼠标键盘作为输入设备,实现了一个支持群体绘制的笔式概念图工具。使用该工具,多个用户可以在网络上协作绘制概念图,在绘制过程中,所有用户都能实时地感知整个概念图的绘制过程。为了方便用户讨论绘制过程中所遇到的问题,该工具提供了文字、音频和视频三种交流方式,用户可以选择任意一种或多种方式进行实时交流。**关键词:**概念图;笔交互;协同感知**DOI:**10.3778/j.issn.1002-8331.2009.08.020 **文章编号:**1002-8331(2009)08-0064-04 **文献标识码:**A **中图分类号:**TP391

1 引言

概念图是一种用来组织与表征知识的有力工具,也是一种测量学生个体知识结构与知识组织的方法^[1]。在学习一门新课程或新技术时,学生经常会觉得茫然,不知道从何入手,如果有一张概念图来描述该课程或技术中关键概念和概念之间的关系,学生会对这门课程有一个整体的认识,极大地提高了学习效率。同时,教师可以根据学生画的概念图,来判断学生对概念的理解程度。目前在一些发达国家,这种工具已被广泛应用于课堂教学,概念图有助于学生构建概念间的关系,对促进学习者的有意义学习和知识构建具有重要作用。研究表明,多人合作构建概念图比学习者独自建立概念图的效果要好^[2],在讨论的过程中,学生可以更深刻地理解概念之间的关系。

由于网络和信息技术的发展,计算机已经进入了人们的日

常生活。电子白板、多媒体等设备的出现,使教育进入了信息化时代。由于传统的纸笔绘制概念图不利于修改、存储、交流,而使用鼠标、键盘绘制会增加人们的认知负担,人们在绘制概念图前必须花大量的时间学习计算机的操作知识。本文结合纸笔的易用性和计算工具的易修改、易存储的特点,设计实现了一个基于笔的概念图协同绘制工具。用户可用传统纸笔熟悉的手势进行勾画和编辑,使用户之间的协同交流变得更加自然,同时添加了视频和音频功能,使用户可以在分布式环境中基本达到面对面的交流效果。

2 相关研究

比较常用的概念图绘制软件有 Inspiration (<http://www.inspiration.com/>)、CRESST、Activity Map 等,目前还没有发现我国

基金项目:国家高技术研究发展计划(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2006AA01Z328);中科院计算机科学国家重点实验室开发基金(No.SYSKF0704)。

作者简介:芦宏亮(1982-),男,硕士研究生,主要研究领域为笔交互、人机交互;华庆一(1956-),男,教授,博士生导师,CCF 高级会员,主要研究领域为人机交互;蔡萍(1980-),女,硕士,主要研究领域为人机交互;刘庆芳(1981-),男,硕士研究生,主要研究领域为人机交互。

收稿日期:2008-09-17 **修回日期:**2008-11-14

自主研发的概念图软件。基于笔的概念图协同绘制工具与传统的概念图绘制软件(Inspiration 等)相比,有以下几点不同。

(1)交互方式。传统的概念图绘制软件大多都是基于桌面隐喻的图形用户界面,采用鼠标和键盘作为输入方式。学习者在在学习过程中思路常常会被频繁的菜单选择、按钮操作和键盘输入命令打断,使其无法专心思考,而且对于那些不熟悉这种交互方式的人来说,需要花费大量的时间去学习它。本文采取纸笔交互方式,在几千年的纸笔交互过程中,人们已经习惯了纸笔这种传统的交互方式,所以人们不需要花时间来学习纸笔交互方式开发的系统,提高了人们的工作效率。

(2)对群体协同构建概念图的支持。计算机支持协同学习目前是一个研究的热点领域,为了达到更好的学习效果,应该为用户搭建一个分布式协同构建环境,这样用户就可以在不同的地点来共同绘制概念图,增加了对概念的理解效率,基于笔的概念图协同绘制工具不但支持用户独立完成概念图绘制,同时支持用户群体绘制概念图。

(3)对模糊信息的支持。用户在概念图绘制的过程中,用的是模糊信息,不需要精确的信息。用户需要的是快速、自然地记录下他的想法,并不需要指定所画图形的尺寸。传统的概念图编辑器必须让用户输入精确的信息,这样用户必须花精力将模糊信息转换为精确信息后,然后进行绘制。而纸笔开发的工具可以很好地解决这个问题,人们可以像日常生活中一样用纸笔记记录下那些稍纵即逝的想法。

(4)对构建过程的支持。用户在构建概念图过程中,每一个细节都可能激发其进一步的思考,促使其灵感的产生。传统的概念图绘制软件只能在用户对所绘制对象形成比较清晰的概念时使用,只是用户阶段性成果的记录工具,而基于笔的概念图协同绘制工具可以提供对整个构建过程的支持。

3 系统设计

基于笔的概念图协同绘制工具主要采用 C/S 结构。服务器端包含用户交流和协作构图两个服务器,用户端是一个有机整体,并没有把各个部分单独独立出来。这样做有利于用户的选择组合,以建立良好的协同机制,也有利于程序的开发调试及方便地进行功能扩展。系统体系结构如图 1 所示。

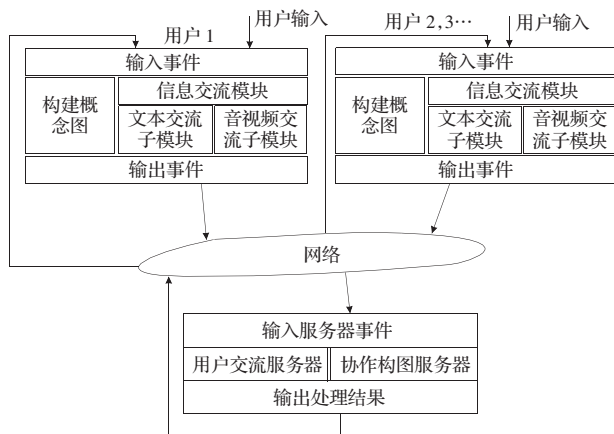


图1 基于笔的概念图协同绘制工具体系结构图

用户使用手写输入设备进行输入。在进入系统之间,必须通过一个身份的验证。通过验证后,用户可以选择独自或与他人协作构建概念图。该工具根据功能分为构建概念图和信息交流两个模块,其中信息交流模块又分为文本交流子模块和音视

频交流子模块。协作构建概念图模块是在一个笔式概念图编辑器的基础上加入网络通信功能,使之具有图形数据交互能力。笔式概念图编辑器为用户提供在笔交互方式下绘制概念图的基本功能,包括概念图节点的添加、删除、修改等。其中,修改操作包括改变矩形节点的大小、编辑矩形节点内容等。信息交流模块用来辅助学习者协同构建概念图,用户可以通过实时的文字交流和语音视频交流,方便地进行交流讨论、分配操作权限,使学习者能够直观地进行交流和感知,减少冲突,以便于更好地协作构图。

按照角色可以把用户分为管理员和普通用户。管理员,即发起协同构图的人,他决定参与构图成员的操作权限,通过语音视频交流或文本交流来协调成员间的交流,保证同一时刻只能有一个客户端成为概念图设计者,进行图形的绘制、放大、缩小、输入文字、删除等操作。

服务器分为协作构图服务器和用户交流服务器。它们主要负责用户信息的发送、接收管理。其中,协作概念构图服务器为用户提供身份验证,以及协同构图过程中信息的传递、转发及保证信息传递安全等功能。用户交流服务器为用户提供加入文字交流、退出文本交流、参与文字交流成员在线情况的管理、小组成员视频、音频等功能。

4 协作构建概念图模块

4.1 笔式概念图编辑器

用户可以使用笔式概念图编辑器绘制概念图,本文的概念图是基于纸笔隐喻,由节点和节点间的连线组成,用户用笔勾勒出一个图形后,系统会识别该图形是否为概念图所用到的图形,如果是则输出识别结果(这里以框式概念图为例),此时用户可以激活框并在其中添加文字,或者继续绘制图形。本文的框和文字是一个整体,文字绑定在框内,当用户删除框时,框中的文字也会自动被删除。概念图的节点之间用有向直线连接(有向直线也是用户绘制,系统对其进行识别,并输出结果)。

在笔式概念图编辑器的实现上,本文采用中科院软件所的笔输入开发平台 PIBG 工具箱作为底层支撑平台^[3]。遵循 PIBG 工具箱的惯例,将包括手势在内的所有笔划操作统称为原语。在概念图节点的实现中,主要交互类是主界面类 ConceptChartPaper,它由 PIBG 工具箱的 CWidget 类派生得来,每一个 CWidget 组件都有它相应的原语产生器和原语解释器。所有 CWidget 的子类组件的原语产生器都派生于 PrimitiveCreator,解释器都派生于 PrimitiveInterpreter。原语产生器用来接受用户输入,并将其转化为相应的原语。原语解释器对原语进行解释,发送原语到相应的组件以激发对应的操作。主要交互类之间关系如图 2 所示。

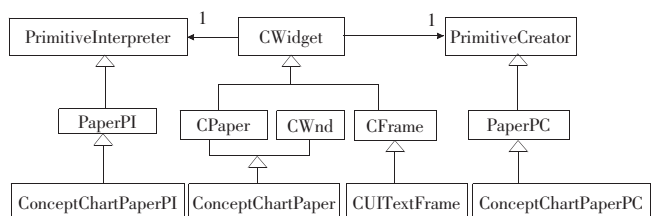


图2 主要交互类之间关系示意图

用户在纸上画笔划时,首先由纸类(本文纸类是ConceptChartPaper)对笔划事件进行响应,记录下原始笔划。由纸类判断有没有激活框,若有则将笔划信息发给激活框,由激活框处理,否则纸类将原始笔划信息分发给自己的原语产生器(纸的原语产生器 ConceptChartPaperPC)。每当一个笔划完成后,由纸的原语产生器分析笔划的类型,产生原语。如果是有意义笔划(即为普通笔划或顿笔划且为第一笔划),则开启识别计时器 RecogTimer。在用户落笔前,若超过预设的时间,则认为先前所搜集到的笔划能够组成一个有意义的实体,于是调用手势分类器进入识别阶段。若判断为几何图形手势,则手势分类器调用几何图形识别器;若判断为命令手势,则手势分类器调用命令手势识别器。

4.2 概念图绘制过程中的协同感知技术

协同感知是 CSCW 系统中人-人交互过程中的感知。在 CSCW 系统中,为了实现多用户成功协作,协作者不仅要“知己”,而且要“知彼”。用户只有在对系统全局环境的所有协作者、合作任务以及共享对象有了清楚全面的认识后,才能很好参与多用户协作。因此,在计算机支持的协同工作过程中,一个有效的群体感知机制必不可少^[4]。

在基于笔的概念图协同绘制工具中,协同感知是多用户进行协同工作的基础,每个用户对共享对象的操作应立即被其他参与协同工作的用户所感知。为了协调多用户操作,必须使用户感知到当前是谁在操作以及操作类型,就是说一个用户的操作能被其他用户所了解。如果用户间缺乏足够的相互感知能力,一个用户的工作就可能被另一个用户忽视甚至破坏。而对于已经完成的部分,也要适当标记,使用户可以查找各个图形对象的输入人员。

在利用笔交互方式构建概念图的过程中传输的是笔划信息,这就势必会加大网络的负载,导致协作工作中数据传输延时加大,很难满足实时性的要求。本文针对这一问题,采用了基于消息的通信机制,当一个客户端发起画笔划的操作命令时,系统便将这个消息通过网络传递给协作概念构图服务器端,通过协作概念构图服务器将此消息转发给其他客户端,各个客户端在接收到消息后,在本地执行相应的操作,执行后得到相应的操作结果。这种通信机制的应用,使得只有协同设计者对对象进行操作,并且提交了这一命令消息时,协作概念构图服务器才将此消息发给其他协同者,然后各个协同者在各自的用户界面上显示协同设计者所做的操作结果,这样既给用户提供了方便,又大大减少了网络信息的传输。

在协作构建概念图模块的实现中,将协作概念构图服务器和客户端的交互消息分为两类:一类是控制消息,描述用户加入、退出等动作;一类是用户操纵笔或鼠标在协同作图区域模拟拟纸-笔作图所触发的 Windows 消息,该消息的定义如下:

```
class MouseMessage
{
.....
public:
int x; //该消息所关联的当前笔或鼠标所在位置的 x 坐标。
int y; //该消息所关联的当前笔或鼠标所在位置的 y 坐标。
int action; //触发该消息的动作,比如笔或鼠标按下,移动,抬起。
int source; //触发该消息的源,比如本地,网络等。
```

```
.....
}
```

协作构建概念图模块采用 C/S 复制式结构,所有的客户机和协作概念构图服务器上都同时运行着同一个应用程序,如图 3 所示。为了完成完整的一次构图,系统各部件交互流程如下:客户端 C_i 作为设计者开始构图, C_i 首先捕捉到概念构图消息,然后经驻留在客户端的翻译机构翻译至 Windows 消息 M , C_i 将 M 发送给协作概念构图服务器 S , S 将此消息通知其他用户,其他用户在接收到消息后触发概念构图消息,并在本地查找对应此消息的消息处理函数,执行后得到相应的操作效果。图 3 说明了客户端 C_i 如何把它的协同概念构图操作传递给另一端 C_j 并在其上显示的。

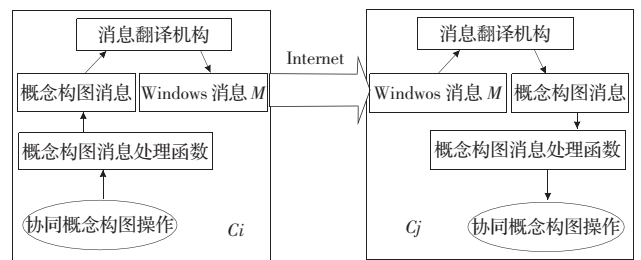


图3 基于笔交互的 CCMS 系统的消息传递机制

概念图由笔划组成,每一笔划 Stroke 又由各个点 Point 组成。为了便于笔划的传输,只将笔划起始位置点、下一个位置点和笔划生成的状态参数等放在数据包 CDataPack 中。这样,传输的时候,不是传输不断产生的笔或鼠标的消息序列,既减少了传输数据包的大小,又减轻了网络负载和本地系统的负担。

因为本系统需要在绘制的过程中实时传输,这里定义了一个类 CDrawMgr 用来处理客户端用笔或鼠标绘制概念图时所触发的动作。从笔或鼠标按下到抬起,每个笔划生成的状态可分为 create(创建)、active(活动)、complete(完成)三个阶段,用参数 m_state 表示。笔或鼠标按下,表示 create(创建),传输开始;笔或鼠标移动,表示 active(活动),传输进行;笔或鼠标抬起,表示 complete(完成),传输结束。

接收来的数据信息(包括消息的类型等)被放在缓冲区里,由回调函数调用接收数据的函数 ProcessRecvData()来接受数据进行处理,分析判断其所触发的概念构图消息的类型,然后调用相应函数执行相应的操作,以使得各个客户机上同步更新显示。如果是服务器的话,它除了在本地图存储显示外,还要调用 SendOthers()将数据广播发送给除发送消息的那个客户端的其余客户端。

5 信息交流模块

5.1 文本交流子模块

基于笔的概念图协同绘制工具中,文中以文本为媒介实现了一个文字交谈室,支持协同学习成员之间进行文本交流。在构建概念图告一段落后,协作学习小组的每个成员可以自由选择加入文本交谈,通过笔输入对概念图中的问题进行实时交流,任一学习者的发言均可及时显示在每一个在线者的公共讨论区。

在文本交流子模块中,学习者可以通过手势交互的方式书写文字,该模块除了能对手写文字进行识别,还支持用户利用

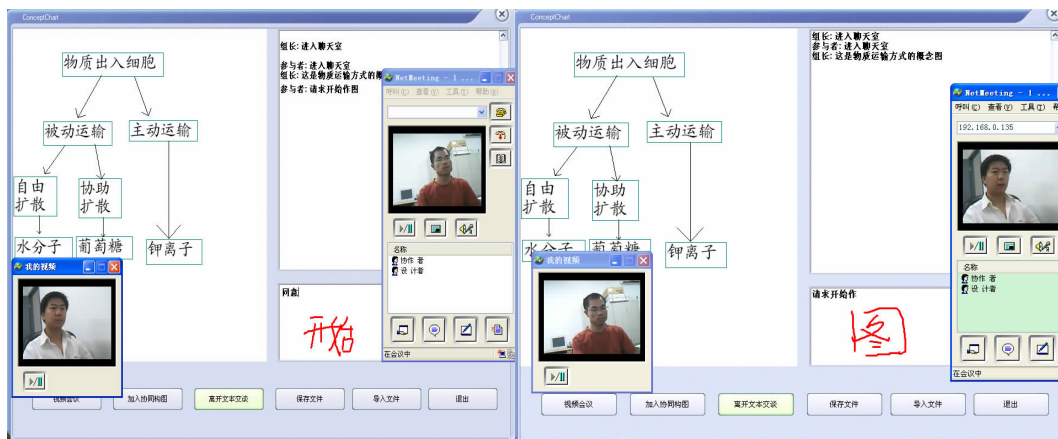


图5 实验结果

手势命令完成对文字的编辑。当用户开始落笔写字时,系统启动一个定时器,记录下用户输入笔画,如果用户在 $600\ \mu\text{s}$ 内不操作,定时器停止,识别用户输入,显示识别结果。编辑手势采用人们日常生活中早已形成的通用手势,这里为学习者提供了一整套有效、便捷的编辑手势,这里为学习者提供了一整套有效、便捷的编辑手势。例如在文字编辑的过程中,有时需要执行插入空格和回车换行等操作。本文的文字交流子模块中可以通过换行手势使编辑的光标自动回到下一行;通过折线删除多个文字;用圈画手势选择文字;通过反向画直线删除光标前的一个文字等。如图4所示。



图4 其他文字编辑手势

5.2 视音频交流子模块

进行音视频交流是交谈感知的一项重要功能,也是协同工作不可缺少的部分。基于笔的概念图协同绘制工具中,通过对 NetMeeting SDK 的二次开发,实现了音视频处理功能。音频和视频的实现机制涉及到 ITU 的 T.120 和 H.323 标准。音频的处理包括采集、压缩、解压、发送、混音和播放等。音频通道创建成功之后,首先获取音频流数据,并将取得的数据放入内存缓冲区,取得音频格式和数据后,将其打包发送,音频流的接收方在接收到数据后,进行解码,还原为原音频。对于混音的处理,其过程如下:首先将各路音频数据单独取一个数据片段,然后将它们相互叠加并存储于另一个缓冲区中,最后将其提交给音频输出设备。视频处理包括采集、编解码、发送和播放等。视频通道创建成功后,首先获取视频流数据,并将取得的数据放入内存缓冲区,取得视频帧格式和数据之后,将获取的数据打包并发送。视频流的接收方在接收到数据后,进行解码,还原为原视频帧图像。

6 实验结果

该实验是模拟协同学习小组举行一次实时协同概念构图会议,讨论内容是针对生物中物质的运输方式这一主题概念图的构建进行讨论。组长发起会议后,参与者根据 IP 地址加入会议,本实验参与者 1 人。两人用笔开始协作绘制概念图。某一

刻,只允许一人进行绘制工作,两人可以通过音视频或者文字交流进行讨论,实验结果如图5所示。

7 结束语

从总体上来说,该工具初步达到了设计目标,用户不需要太多的指导和讲解就能很快地掌握该工具的交互方法,并对于这种新的交互方式表现出了很大的信心和兴趣。通过对协同工作部分的测试,发现该工具能够满足实时协同构图的需要。用户可以通过笔勾画图形、编辑文字,同时结合语音视频快速、便捷地与其他用户进行协同交互。该工具的实现使得将笔交互方式应用到协同概念构图系统中成为可能。但同时也发现了一些不足,有时候手势的识别率不是特别高,笔划的传输不够及时,用户在这一端的操作不能完全正确地其他用户端显示。这种情况的出现往往令用户之间不知所措,产生感知的障碍。这也是下一阶段所要考虑和解决的问题。

参考文献:

- [1] 朱亚莉.促进“反思”的概念构图教学研究[D].华东师范大学,2003.
- [2] 沈洁,赵国庆,黄荣怀.协同概念构图研究[J].计算机时代,2005,12: 9-10.
- [3] 田丰.Post-WIMP 软件界面研究[D].中科院软件所,2003:50-51.
- [4] Vassilis K, Nikolaos A, Christos F. Computer-supported collaborative concept mapping: Study of synchronous peer interaction [J]. Journal of Education and Information Technologies, 2002, 7(2): 169-188.
- [5] Sutherland I E. SketchPad: A man-machine graphical communication system [C]// AFIPS Spring Joint Computer Conference, 1963, 23: 329-346.
- [6] 李杰. 笔式用户界面开发方法研究[D]. 中科院软件所, 2004: 47-48.
- [7] Alvarado C, Davis R. Resolving ambiguities to create a natural sketch based interface [C]// Proceedings of UCAI-2001, August 2001.
- [8] Igarashi T, Matsuoka S, Kawachiya S, et al. Pegasus: A drawing system for rapid geometric design [C]// Proceedings of CHI '98, Los Angeles, 1998.
- [9] Landay J A. SILK: Sketching interfaces like crazy [C]// Proceedings of Human Factors in Computing Systems (Conference Companion), ACM CHI '96, Vancouver, Canada, 1996: 398-399.