

基于分区模式的桌面协作方法*

燕厚仪¹, 凌云翔¹, 张国华¹, 邵宏韬²

(1. 国防科技大学 信息系统工程重点实验室, 湖南 长沙 410073;
2. 军事交通学院, 天津 300161)

摘要:分区协作是实现桌面协作形式的态势感知的方法之一。本文提出了分区协作的实现模式, 描述了三类分区: 存储区、私人区与公共区, 然后给出了分区协作的实现机制, 包括多触摸点处理机制、显示管理机制和冲突处理机制, 最后实现了基于分区协作的态势感知平台, 并进行了对比试验验证。

关键词:态势感知; 分区协作; 多点触摸; 桌面协作

中图分类号: TP11 文献标志码: A 文章编号: 1001-2486(2013)05-0079-06

The tabletop collaboration method using territoriality-based pattern

YAN Houyi¹, LING Yunxiang¹, ZHANG Guohua¹, SHAO Hongtao²

(1. Science and Technology on Information Systems Engineering Laboratory, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China;
2. Military Transportation University, Tianjin 300161, China)

Abstract: Territoriality-based collaboration is one of the ways to realize situation awareness in tabletop collaboration. Thus the implementation pattern of territoriality-based collaboration was proposed, and three territorialities i. e. storage territory, private territory, public territory, were described. The realization mechanism of territoriality-based collaboration was given afterwards, including multi-touch points management, display management and conflict processing mechanism. Finally, situation awareness platform using territoriality-based collaboration was implemented, whose performance was verified through user testing experiments.

Key words: situation awareness; territoriality-based collaboration; multi-touch; tabletop collaboration

在基于信息系统的体系作战条件下, 战场瞬息万变, 战机稍纵即逝, 高效的战场态势感知能力成为获取战争决策优势的基础, 是打赢信息化战争的关键技术之一。高效的战场态势感知能力需要高效的人机交互技术的支持, 需要高效的多人协作支持环境。

分布式计算机系统是一种实现协作态势感知的方法^[1], 但是指挥人员是基于独立的显示界面和交互设备参与协作, 缺乏面对面交流的优势。传统的基于纸质地图和实物沙盘的态势感知平台, 支持多人面对面的协作, 参与指挥人员可以直接观看和操作共同的态势展示环境, 是一种很好的协作平台。文献[2-3]通过观察研究人们在进行桌面游戏时的场景, 发现人们对桌面区域的使用中存在潜在分区现象, 可以将桌面分区为三类, 包括私人区域、公共区域和存储区域(如图1所示)。

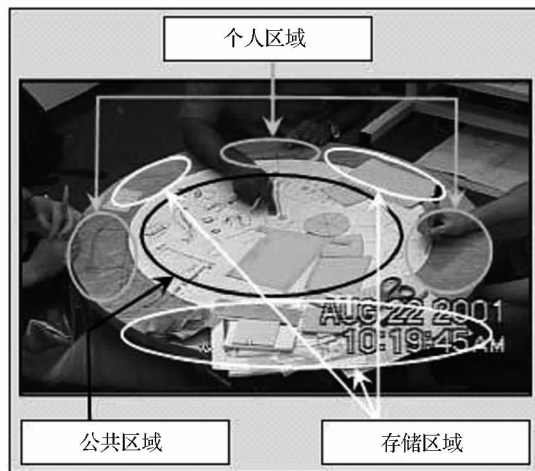


图1 桌面游戏中的分区现象

Fig. 1 Subarea phenomenon in tabletop games

本文通过研究传统指挥所中指挥人员围绕地图或沙盘进行协作研讨时的场景, 发现存在同样

* 收稿日期: 2013-02-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(61272336; 61005055; 60875048); 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目(20094307120015); 中国博士后科学基金资助项目(20090451557)

作者简介: 燕厚仪(1987—), 男, 山东广饶人, 博士研究生, E-mail: yanhouyi@126.com;

凌云翔(通信作者), 男, 教授, 博士, 博士生导师, E-mail: yxling@tom.com

的分区协作现象(如图 2 所示)。当前大幅面显示设备成为战场态势展现的主要平台,基于光学感应的多点触摸技术的成熟^[4]使得大幅面显示设备能够识别多人的同时触摸。在支持多点触摸的大幅面显示设备上进行的多人协作,仍然称为桌面协作。本文研究内容为基于分区协作模式的面向态势感知的桌面协作。

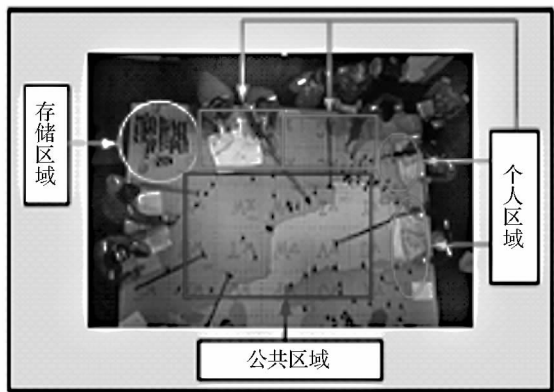


图 2 传统军事协作研讨桌面中的区域划分
Fig. 2 Subareas in traditional military collaboration discussion tabletop

1 桌面协作的分区模式

模仿传统指挥所中的协作研讨中的分区现象,面向态势感知的协作桌面可以采用如图 3 所示的分区模式。

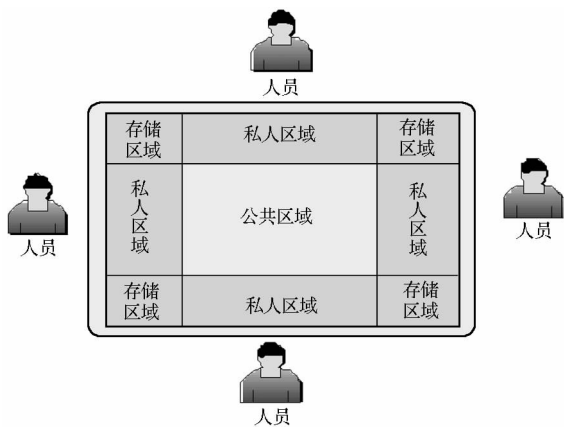


图 3 分区模式
Fig. 3 Zonal pattern

下面详细描述三类分区。

1.1 分区描述

分区采用六元组表示。

$Territory = \langle TID, Type, HumanID, Direction, PointNo, PointCoordinate[] \rangle$

其中 TID 为分区编号,是分区的唯一标识;Type 是分区的类型,为 $Type = \{ public, private, storage \}$ 中的取值,分别代表公共区、私人区和存储区;

HumanID 表示分区从属用户的编号,当取值为 null 时,表示分区无用户从属性;Direction 指该分区的物件方向,当桌面布局规则时,该值存在,当桌面布局不规则时,分区方向是不确定的,取值为 null;分区的形状和大小是通过分区边界的顶点坐标来确定的,PointNo 指分区顶点的个数,数组 PointCoordinate[] 存储了各个顶点的坐标。当分区为圆形时,PointNo = 2, PointCoordinate[] 存储圆心坐标和半径值。

1.1.1 存储区

存储区用于存储当前不在使用中的资源。协作标图中用来存储备用军标,协作研讨任务中用来存储当前不使用的资源,或保存暂时中断的任务现场。人类在使用计算机过程中创造出的可交互的可视的内容称为物件,比如图标、窗口以及各种资源等。

存储区的 HumanID 属性取值为空时,表示该区不具有人员从属性,这类分区位置应该靠近公共区,便于两区的物件传递。HumanID 取值不为空时,分区位置根据个人操作习惯设定在所属用户的左侧或右侧。存储区的常见操作有物件的添加、删除以及规划、铺展、查找和比较等,包括物件的批量添加和批量删除。存储区类似于杂物仓库的功能,包含大量的多种类型的物件。为了避免物件放置混乱,需采取一些管理机制。

(1) 缩放机制:物件从公共区或私人区拖入存储区时,自动进行缩放,公共区物件缩放比例更大。

(2) 聚集机制:同类型物件自动聚集在一起。

(3) 罗列机制:同类型物件罗列放置时,点击依次上翻,如图 4 所示的情报文档。

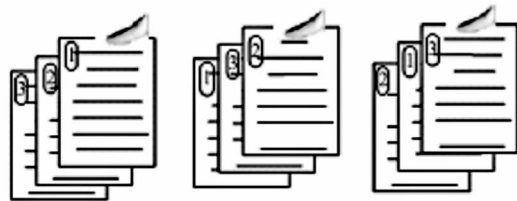


图 4 罗列规则示例
Fig. 4 Piling rule demo

(4) 平铺规则:同类型物件平铺放置时,手势滑动经过某一物件,则物件局域放大或文本提示,如图 5 所示的情报图片。

1.1.2 私人区

私人区是用户的当前个人工作区域。态势查看中放置个人查看区域;协作研讨中执行个人活动。私人区 HumanID 属性不能为空,一般要求位

于所属人员的正前方手势可达区域内。由于私人区活动的随意性,私人区的大小和形状需要经常变化,比如在任务切换、任务需求变化时等。私人区形状分为规则形状和不规则形状,不规则形状变化采用边线或定点移动实现;规则形状变化采用趋势手势。私人区可以隐藏,比如从独立任务切换到协作任务时。



图 5 平铺规则示例

Fig. 5 Tiling rule demo

私人区的公开可见性是实现共同感知的关键,各协作人员在进行独立操作时,可以感知彼此的任务进程和资源使用情况。私人区与公共区的传递操作可能是复杂的场景或项目的传递,可以通过公共区场景到私人区的局部镜像和私人区项目到公共区的综合集成实现。

1.1.3 公共区

公共区用于态势感知各项任务中的共同查看、共同操作以及交流性动作,一般位于桌面的中心,方便协作人员的共同操作,是桌面协作系统中最主要的活动区域。公共区域完成的动作包括:对同一物件的共同操作,对不同物件的独立操作和传递资源、讨论意见、辅助操作等交流性动作。公共区内的物件方向问题比较复杂,区域方向一般以态势感知中的最高层级军官为主。公共区域内的物件根据方向从属性和人员从属性采取不同的操作方式。具有方向从属性的物件方向是固定的,一般面向其 HumanID 属性所指人员。对不具有方向从属性的物件,如果处于独立操作状态,方向要面向当前操作人员;如果处于共享状态,方向要面向协作人员中的最高层级人员。

1.2 分区本质

桌面协作中的分区协作,要求是逻辑上的分区,也就是说,只要功能上能够存在几个分区,每个分区可以支持独立的任务进行就可以了。物理上的实现可以是不分区的,也可以是分区的。物理上不分区分区实现机制,称为纯逻辑分区(如图 6 左所示),该分区机制下,只有一个操作屏幕,由一台主机运行,分区由软件实现。物理分区机制下,各分区是独立的显示屏幕,由各自独立

的主机运行(如图 6 右所示)。

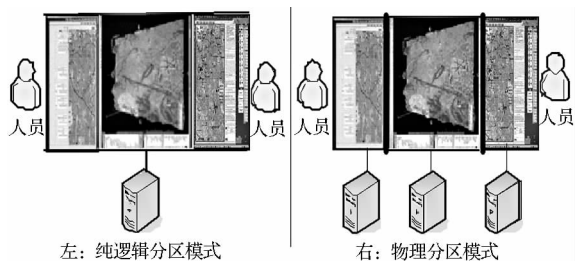


图 6 纯逻辑分区与物理分区

Fig. 6 Logical division and physical division

2 分区协作的实现机制

协作态势感知平台的输入为多人多触摸点,输出为响应触摸操作的物件显示,因此平台的实现机制包含输入、输出管理和冲突处理机制。

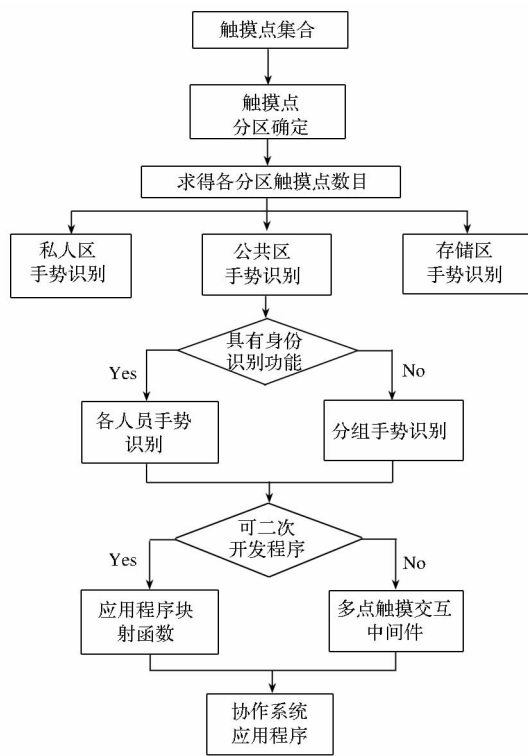


图 7 多触摸点处理过程

Fig. 7 Multi-touch points processing

2.1 输入管理:多触摸点管理机制

多触摸点管理机制的任务是将用户操作的多个触摸点识别为具有语义的手势。协作态势感知中可能出现的触摸情况有单人单点、单人多点、多人单点与多人多点,这里只讲最复杂的多人多点情况,其处理过程如图 7 所示。得到触摸点数目后,确定各点处于的分区,私人区和存储区直接进行手势识别。公共区则根据是否具有身份识别功能,进行分用户手势识别或分组手势识别。得到手势后根据应用程序是否具有手势映射功能直

接^[5]或通过中间件^[6]进行映射。其核心算法如图 8 所示。在触摸点分区确定算法中 PointNo、Private1PointNo、PublicPointNo、Storage1PointNo 分别表示触摸点总数目,1 号私人区、公共区和 1 号存储区的触摸点数目。公共区分用户手势识别算法中,HumanPointNo[] 表示各用户触摸点数目数组,根据触摸点的操作用户身份属性进行分组,再

识别各用户的手势,如图 8(b)所示。公共区分组手势识别算法基于以下规则实现:不具备身份识别功能的公共区操作中,不同用户的触摸点距离不得小于阈值 D_0 。GestureNo 表示生成手势数目,GesturePointNo[] 表示各手势触摸点数目数组,PointAdded[] 表示触摸点加入手势标志数组,Left 表示剩余触摸点数目。

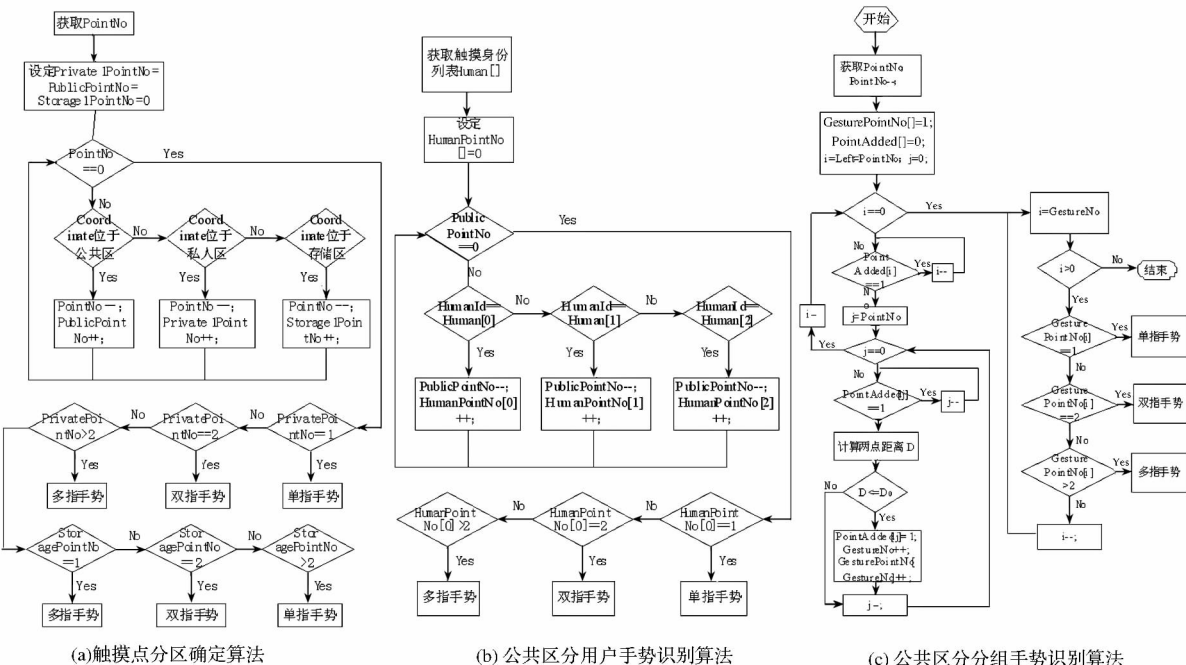


图 8 核心算法

Fig. 8 Key algorithm

2.2 输出管理:物件显示管理机制

在基于分区协作模式的态势感知平台中,经过多触摸点管理机制,将多人多触摸点表示的多人手势映射到应用程序后,应用程序响应的结果将是多个物件的属性变化,如关闭、旋转和移动等。因此需要多物件同时刷新显示,这就要求高效的显示管理机制。本文采用数据共享机制,其结构图如图 9 所示。该机制下,当多人同时操作多物件时,每一个用户节点的操作数据,经相应的应用程序处理后,转化为输出共享数据,就是显示数据。将每一个用户节点的输出数据共享集成,形成的输出共享数据显示了所有激活的正在与用户进行交互的物件应该进行的画面变化,根据设定的用户显示数据控制策略,统一刷新桌面显示画面。控制策略是设置各类型物件的不同显示方法。

2.3 协作冲突处理机制

桌面协作任务进行中,会产生冲突。冲突的解决方法有两类:系统机制和用户机制。系统机制指通过增加系统功能,寻找合理的冲突消解方

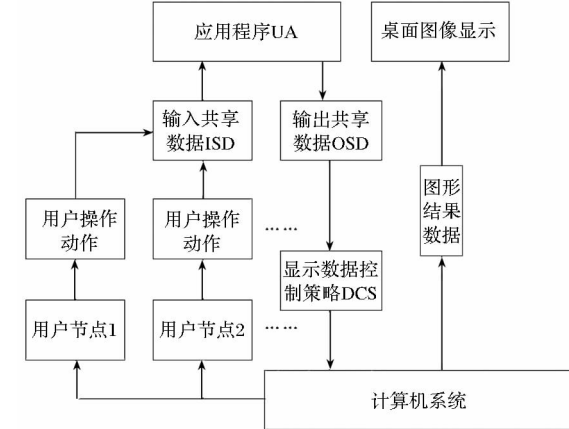


图 9 数据共享机制

Fig. 9 Data sharing mechanism

法;用户机制指对人员的操作行为做出限制,从而避免冲突的发生。两种途径各有优劣,前者增加系统复杂度,可能会降低系统响应速度,后者会增加用户操作的认知负担。基于“以人为中心”的人机交互目标,系统机制为解决冲突的首选。

常用系统机制包括:公共区的物件面临多人操作冲突时,小尺寸物件复制到需求用户的私人区;

大尺寸物件将需求部分映射到私人区;各私人区设置漂浮菜单弹出按钮。常用用户机制包括:窗口类物件的同时操作,遵循层级原则和先占原则,即首先满足较高级别人员的操作需求,同层级人员中满足首先开始占有物件的人员的操作需求;私人区的缩小、占据本人存储区和空闲公共区的放大是自由的;占据他人分区的放大需要发起请求。

3 面向态势感知的桌面分区协作实现与验证

3.1 态势感知任务分析

态势感知的结构模型有很多,其中最广泛应用的为三层结构模型^[7],如图 10 所示。

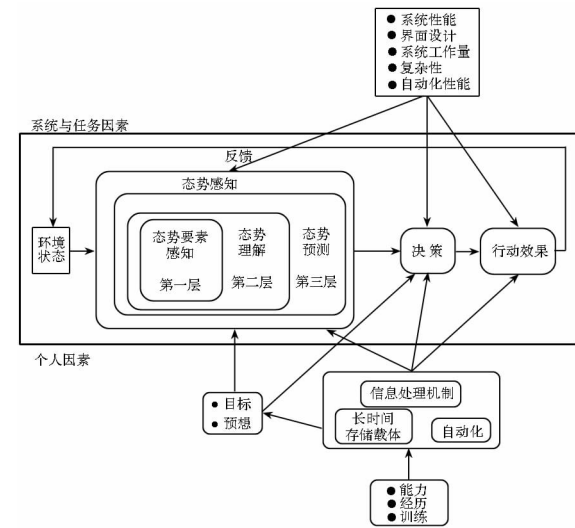


图 10 态势感知的三层结构模型

Fig. 10 Three-layer model of situation awareness

第一层是态势要素感知,指对作战环境中相关要素属性的感知。第二层是态势理解,指对第一层中得到的相关要素数据实际意义的理解,结合作战目的在脑中形成整个作战环境的画面。第三层是态势预测,是根据前面的理解预测出至少短时间内的作战环境的变化。态势感知中的活动主要包括态势标绘、态势查看、态势理解和态势预测。

文献[8]在总结前人工作的基础上将人类活动分成八类,本文以此为基础将态势感知的活动分为三类。态势标绘属于计划类活动,活动的目的、方法、结果和过程都是明确的。态势查看和态势理解属于认知性活动,活动的目的和方法明确,但是结果、过程不明确。态势预测属于创造类活动,活动的目的明确,但方法、结果和过程都不明确,是协作中最难的一类活动。

3.2 分区模式与活动类型的关系

三类分区的设置跟活动类型密切相关。计划

性活动一般要求多个协作者根据计划完成共同的任务,需要公共区执行共同任务,存储区来存储活动中用到的资源,不需要私人区,如图 11(a)所示。认知性活动对资源的使用是非重复性的,对图片、文档等资源的查看往往是一次性的,较少需要对同一资料的重复性查看,因此不需要设置存放资料的存储区,查看资料时从私人区直接调出即可,如图 11(b)所示。认知性活动需要私人区域,进行独立的认知活动。创造性活动执行的动作多为交流性动作,三种分区都会用到,甚至需要用到双人专属公共区域,如图 11(c)所示。

3.3 系统可用性测试

为了验证基于分区协作模式的态势感知平台的协作交互优势和感知效率,与两个系统进行了比较测试。一是“显示墙”系统,基于分布式计算机系统实现协作,每人使用独立计算机参与协作任务,一个大屏幕投影系统作为共享工作环境,协作数据通过局域网实现共享。二是多鼠标系统。多个协作者围绕一个大尺寸显示设备而坐,不过交互手段不是手势触摸,而是鼠标。该系统基于多鼠标操作工具 SDGToolkit 实现^[9]。

实验参加者为 6 组 12 个人,7 男 5 女,都有过纸质地图标图的经验。实验内容为:12 个人分成 6 组,两个人一组,每个小组依次发放三张标有“步兵营对阵地防御之敌进攻战斗想定”的纸质地图和想定文书。三个想定图含有的军标数量相同。每发放一张地图和文书后,给 10 分钟的阅读时间,然后在其中一个系统上完成电子地图的标绘。每个小组使用三个系统的顺序随机产生。

经分析摄像机录像和观察人员记录,得出两个参数:完成任务的时间 T 和任务进行过程中出现的误解和冲突次数 N 。实验完成后通过问卷调查得出每人对系统的满意度(4 分制)。对实验结果取算术平均值,结果如表 1 所示。

表 1 实验结果

Tab. 1 Experiment results

系统类型	完成时间 T (min)	冲突次数 N	满意度 S
“显示墙”系统	41.8	9.2	2.58
多鼠标系统	31.2	16.6	2.58
桌面协作系统	22.5	7.2	3.33

从表中可以看出,相比多鼠标系统与“显示

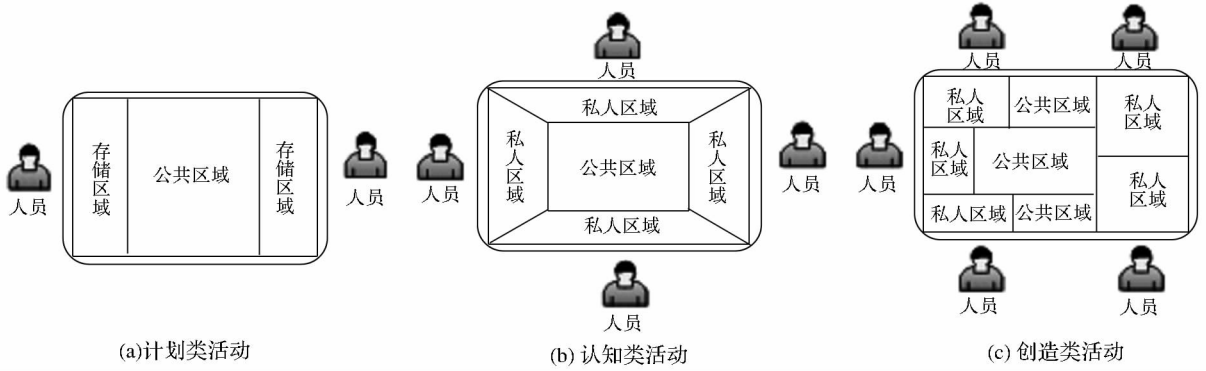


图 11 分区模式与活动类型

Fig. 11 Division pattern and activity type

墙”系统,桌面协作系统能够使用户具有更好的任务执行效率,减少协作交互中的冲突,具有更高的用户满意度。桌面协作系统相比“显示墙”系统,任务执行效率提升更大;相比多鼠标系统,冲突次数的减少更明显。“显示墙”系统的效率低可能由于协同环境的沉浸感较低,通过共享工作环境只能感知到其他人的操作结果,不能感知到其他人的当前操作内容。多鼠标系统则由于协作用户的操作焦点不易区分而容易发生冲突。

4 结论

基于分区协作模式的态势感知系统相比传统地图或沙盘的协作,可以发挥计算机系统的高效运算效率和丰富显示功能;相比基于分布式系统的协作,可以发挥面对面协作的优势。本文提出了分区协作的模式和具体实现机制。最后对实现的基于桌面分区协作的态势感知系统,与“显示墙”系统和多鼠标系统进行了对比实验验证,证明桌面分区协作具有较好的交互优势和感知效率。

参考文献 (References)

[1] Mathews G M, Durant-whyte H F. Scalable decentralized control for multi-platform reconnaissance and information gathering tasks [C]//Proceedings of Int Conf on Information Fusion. Florence:IEEE,2006:1-8.

[2] Scott S D. Territory-based interaction techniques for tabletop collaboration [C]//Proceedings of UIST ' 03, 2003, Vancouver, BC, Canada.

[3] Scott S D, Sheelagh M, Carpendale T, et al. Territoriality in collaborative tabletop workspaces [C]//Proceedings of CSCW 2004. ACM Press 2004:294-303.

[4] 老松杨,黄广连,张国华,等. 双手触摸交互触控平台[J]. 中国科技成果,2009,10(11):58-60.
Lao Songyang, Huang Guanglian, Zhang Guohua, et al. Hand touching interactive platform [J]. China Science and Technology Achievements, 2009, 10 (11): 58 - 60. (in Chinese)

[5] 凌云翔,张国华. 基于多点触摸的自然手势识别方法研究 [J]. 国防科技大学学报,2010,(1):12.
LING Yunxiang, Zhang Guohua, et al. Research on natural gesture recognition method based on multi-touch[J]. Journal of National University of Defense Technology,2010,(1):12. (in Chinese)

[6] 燕厚仪,老松杨,张国华,等. 一种与应用程序无关的多点触摸交互中间件[J]. 计算机应用研究,2011,28(9):3360-3365.
YAN Houyi, Lao Songyang, Zhang Guohua, et al, An application-independent middleware for multi-touch interaction [J]. Application Research of Computers,2011,28(9):3360-3365. (in Chinese)

[7] Endsley M R. Toward a theory of situation awareness in dynamic systems [J]. Human Factors, 1995, 37 (1): 32 - 64.

[8] McGrath J. Groups: Interaction and performance. englewood [M]. NJ: Prentice-Hall,1984,61-66.

[9] Tse E, Greenberg S. SDGToolkit: A toolkit for rapidly prototyping single display groupware [C]//Proceedings of Poster in ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work. 2002:1-3.