

## CSCW 系统的理论、实现方法与应用

18-22

郑庆华 李人厚 鲍家元 王斌  
(西安交通大学计算机系 西安710049)

TP 11/11

**摘要** This paper briefly introduces the development history of Computer Supported Cooperative Work(CSCW),expounds the concepts and cooperative modes of CSCW,emphatically analyzes the main contents and the key technical problems in research CSCW,and illustrates two kinds of common used CSCW system structural methods,In the end,it discusses the application of CSCW technology.

**关键词** CSCW, Multimedia, WYSIWIS

## 一、CSCW 的发展历史

计算机支持的协同工作(CSCW)的研究始于60年代,美国的D. Englebart<sup>[1]</sup>发表了一篇“A Conceptual Framework for the Augmentation of Man's Intellect”论文,不仅对超文本(HyperText)的研究起了重要的作用,而且对CSCW的发展也起到了开山鼻祖的作用,D. Englebart主持开发的NLS系统成为第一个研究CSCW概念的原型系统,他第一次运用超文本技术建立了关联式访问的新型数据库,各协作成员在各自的终端上可做有效的数据查询,并且可一边同步地进行交互对话,一边归纳观点,由此形成了一边相互协调一边进行对话的“合作对话”(Cooperative dialog)和共享数据的“群数据库”等概念,这些研究对后来的Xerox PARC的媒体空间和MIT的信息过滤系统等有关CSCW系统的研究产生了深远的影响。

到70年代中期,在美国Stanford AI Lab<sup>[2]</sup>建立了一个支持视频、声音、文本、图象等多种媒体的CSCW环境,并将其命名为电视会议(TeleConference),但由于巨大的存贮开销和极其昂贵的通信媒体,以及通信速度的低下和数据压缩技术的落后,该系统的多媒体功能十分薄弱,到了80年代,和CSCW相关的计算机技术、网络技术、多媒体技术、数据压缩与存取技术、通信技术、分布与并行处理技术等都有了长足的进步,同时由于指导多媒体技术和

CSCW技术的人-计算机交互(HCI)理论的逐渐成熟,大大地推动了CSCW技术的发展。

1984年MIT的Iren Grief和DEC公司的Paul Cashman<sup>[3]</sup>两人组织了一个由来自不同领域的20个科研工作者组成的工作组,共同讨论和探讨如何发挥技术在协同工作中的作用问题,并第一次正式提出了计算机支持的合作工作CSCW的概念,此后CSCW很快吸引了许多不同领域的科研工作者,美国ACM于1986年12月在Texas组织了一次国际性CSCW学术会议,集中了社会学、人类学、计算机科学、办公自动化、决策系统研究学者,人员因素(Human Factor)学者和编制设计者等多方面的专家学者,研讨人类群体工作的特性及计算机技术对群体工作的可能支持,从而正式提出了将计算机科学、心理学、人类工程学、认识科学、社会学等多个学科综合一起的新的领域——CSCW。

目前,国外CSCW的研究规模较大,进展也较快,从1990年起每隔2年举行一次CSCW国际研讨会,并已有专门的学术刊物《Computer Supported Cooperative Work(CSCW)》,目前CSCW在国外已得到了一定的应用<sup>[3]</sup>;但在国内,至今正式研究CSCW的人还为数不多。

## 二、CSCW 的概念

CSCW是一个新的多学科领域,其目的在于一方面从理论和研究的角度解释人们的合作与交流,

郑庆华 讲师,在读博士,从事计算机应用的研究和开发,李人厚 教授,博士导师,主要从事计算机应用,控制和系统工程方面研究,鲍家元 教授,主要从事多微机系统及其应用的研究和开发。

探索计算机技术对人类群体工作的可能支持。另一方面,利用现有的技术,特别是多媒体技术、网络与通信技术、分布式处理技术等建立一个多模式协同工作环境。该环境具有集成一体化的多媒体多模式操作系统平台,以及适合于支持 CSCW 的管理、使用和创作的各种工具。多模式是指以时间和空间概念界定的人们之间的四种合作方式:

·同步模式——在同一时间和同一地点进行同一任务的合作方式,如共同决策、共同编辑(著)文件、CAD、室内会议等。

·分布式同步模式——在同一时间但不同地点进行同一任务的合作方式,如联合设计、联合编辑、群体决策、视频会议等。

·异步模式——在同一地点但不同时间进行同一任务的合作方式,如轮流作业等。

·分布式异步模式——在不同时间且不同地点进行同一任务的合作方式,如电子邮件。

CSCW 为在时空上分散的人们提供了一个“面对面”和“你见即我见”(WYSIWIS)的协同工作环境,不仅改善了人类的信息交流方式,缩短了人类传递信息的途径,消除了人们在时空上相互分隔的障碍,而且节省了工作人员的时间和精力,提高了工作质量和效率。CSCW 不仅从概念和思想方法上突破了传统办公自动化只能提高个人工作效率的限制,而且其应用领域也远远超出了办公自动化的范畴。

### 三、CSCW 的主要研究内容及其关键技术

CSCW 主要研究群体工作的过程和促进群体工作的技术两方面的内容。前者是对人类群体工作的特性和方法的研究,后者是探讨如何利用现有的技术——计算机技术、多媒体技术、网络与通信技术及其它相关技术,研制一个开放的、多媒体交互的集操作系统和应用开发工具于一体的集成应用系统,以提高群体工作的效率和质量。

#### 3.1 主要研究内容

1. 建模理论的研究。包括 CSCW 的概念、协作机制和协议、体系结构、实现技术与方法等。CSCW 理论是一个涉及计算机科学、心理学、人类工程学、认知科学、社会学等多个学科综合的群体社会动力学,这是因为 CSCW 系统的功能特征与群体工作的社会因素紧密联系,其每个功能不仅影响协作成员的行为,而且也影响整个群体协作的有效性。在 CSCW 过程中,必须考虑到合作伙伴之间心理、社会、文化以至于政治上的差异(语言、谈判策略、行

为、风格和法律等),因此,必须研究人类在合作过程中的社会动力学,以建立合适的描述 CSCW 模型的理论。

2. CSCW 协作工具的抽象。一个完整的、实用的 CSCW 系统,应当由 CSCW 操作系统和支持 CSCW 的管理、使用和实现协作的若干工具组成。因此,必须在研究多种实际协作过程的基础上,抽象并开发出一套通用的、符合标准规范的、可组合运用的、多媒体交互的 CSCW 工具。

3. 超文本技术的研究与应用。超文本是近年来兴起的一种表示和管理多媒体信息的强有力工具。它采用非线性的网状结构组织块状信息,结点是表达信息的单位,其中的信息可以是文本、图象、视频、动画,甚至还可以是一段计算机程序,链是实现结点间联系的纽带。超文本是一种新的多媒体数据库技术,它不仅提供了一种表达多媒体信息的思想方法和工具,而且提供了一种联想式沿链查询和访问数据库的新方法。此外,超文本还是一种人-机接口技术,提供了非常直观的、灵活的人机交互方式。

在 CSCW 系统的研究中,要在研究超文本技术的原理与方法的基础上,着重探索如何运用超文本技术表示、存储、检索、浏览、编辑多媒体信息,以实现协作过程中对多媒体信息处理的要求。

4. CSCW 系统中网络资源管理和多用户协作管理的研究。前者主要研究网上 CSCW 资源的分布性、一致性、安全性、透明性和可维护性;后者主要研究如何实现多用户协作过程中有效的权限管理,真正体现不同用户在 CSCW 中的不同“角色”。

5. 多媒体通信同步机制的研究。多媒体通信同步是实现 CSCW 系统中协作成员间“面对面”交互的基础和关键。多媒体信息中各媒体之间相互联系,彼此约束,这种约束不仅存在于空间中,而且也存在于时间上。在多媒体通信中,由于通信传输的串行性,使得各种媒体不可能同时到达目的地,而且由于网络固有的异步特性、传输冲撞,以及存储设备的潜在影响,势必造成信息传输的随机延迟,从而破坏了多媒体信息中各媒体间的相互约束关系。因此,在多媒体通信中必须采用某种同步算法,以确保传输后的多媒体信息仍然保持原来的约束关系。

多媒体通信同步包括时间同步、空间同步和时空综合同步。时间同步使得经传输后的多媒体对象仍保持原来在时基上的约束关系,即统一到原来隶属于同一时间坐标轴上的相对位置。空间同步是指各种媒体在显示空间和视听空间上的配合与制约关

系,对于视频、图象、图形、文字等以画面显示为表现形式的媒体,空间同步主要是指在目标结点的显示空间上的位置安排及变换处理。对于音频数据,空间同步是指目标结点对来自源结点的信息进号混合、增益和音量调节。时空综合同步是指在时间同步与空间同步的基础上,实现多媒体信息在时空上的综合同步。例如:视频会议中口型与声音的同步。

在 CSCW 系统的研究中,主要研究并实现 MHEG(Multimedia and Hypermedia Coding Expert Group)提出的同步机制,即脚本同步、条件同步、时空综合同步和系统同步<sup>[5]</sup>,着重研究同步机制的分层协议。

6. 协作模型中人机接口和多用户接口的研究。许多计算机系统如多用户分时操作系统、多用户 MIS 系统等虽然可以支持多用户同时交互,但是这些系统往往通过禁止合作以支持多用户交互,它向用户说明只有她或他一个人在使用系统,而将其他用户隐蔽起来。但是为了支持合作,CSCW 的多用户接口必须允许用户知道其它用户的活动。因此,CSCW 接口不是一般意义上的人-机接口,而是广义的人与人之间的接口,它的基本要求是:①支持多种显示。支持在不同的 CSCW 结点上形象地显示合作的共享信息,并支持对不同视窗上的共享信息作各种有效的合作操作。②支持不同的观点和信息表示。一方面,允许协作成员对协作信息和结论发表自己的见解。另一方面,能根据协作成员的不同权限、级别和层次表示共享信息。

在多用户接口技术方面,目前已有不少的开发方法,但还未获得理想结果。其关键的问题是如何以用户为中心,设计一种分布式环境下的多用户接口机制。

7. 标准与规范的统一。CSCW 技术是一门新兴的交叉学科,不仅技术没有统一标准,而且术语、概念、理论体系等也没有公认的定义。缺乏标准,不仅对于生产厂家,而且对于 CSCW 系统的使用者或设计者都是一种压力,担心自己的工作与未来的标准不相符合。因此,制定 CSCW 的技术标准已成为发展该技术的迫切任务。CSCW 的技术标准应当包括体系结构、层次协议、互连模式、创作工序、多媒体传输同步机制和协议、协作机制、人-机交互、人-人交互等各项内容规范的定义。

### 3.2 CSCW 的关键技术

1. 系统的开放与集成技术。CSCW 系统应是一个开放的、支持多媒体多模式协同工作的、集操作系

统与应用及开发工具于一体的应用系统。CSCW 系统的开放性是指实现的开放性、开发接口的开放性和应用的开放性。

①实现的开放性。CSCW 的操作系统应能支持各种不同的多媒体硬件平台、网络平台和协议。甚至多种不同的操作系统(如 Windows、UNIX)。此外,CSCW 系统还应具有可伸缩性和透明性,前者是指 CSCW 系统能适应不同规模的分布区域,后者是指能透明访问 CSCW 分布环境下的各种资源。

②开发接口的开放性。提供 CSCW 的应用开发者一套标准的、与设备无关的开发接口,以支持新的 CSCW 应用程序的开发。

③应用的开放性。CSCW 系统应对任意的新用户开放,而且能根据协作规模大小和协作对象与内容动态设置交互方式,组织 CSCW 的应用工具,构建适合于本次协作的应用系统。

CSCW 系统的集成性是指操作系统与工具的集成、多种媒体的集成和多模式的集成。

①操作系统与工具的集成。是指将 CSCW 操作系统和实现 CSCW 的管理、创作与使用工具集成为一个有机的 CSCW 环境。

②多种媒体的集成。是指多种媒体信息的多通道统一获取、多媒体信息的统一存储与管理、多媒体信息的合成与表现等的集成一体化。

③多模式(Multimodal)的集成。是指 CSCW 系统能支持或适应人们间的四种协作模式——同步、分布同步、异步、分布异步。

除了上述基本要求之外,CSCW 软件还应具有可活动性(支持可移动的人、通信装置及其它设备)、适应性(支持模式的选择,适应用户的能力和知识,适应不同的文化环境等等)。

要满足上述多种要求,采用传统的软件设计技术是不够的,因此有人提出了一种多媒体集成的合作软件开发方法,它把面向对象的程序设计思想与超文本的概念结合起来,形成了具有吸引力和有影响的新的概念,即面向 Item<sup>[6]</sup>(Iconic teleoperating multimedia object)的程序设计框架,这是值得引起人们重视的。

2. CSCW 工具的透明性、可组合性、可复用性和正交性的实现技术。透明性是指工具的物理存储对用户而言是透明的,实现按名访问和使用。可组合性是指工具可按一定的规则组合形成自己所需的应用构造。可复用性是指一个工具可同时被多个用户同时使用。正交性是指工具所用的概念、方法、算法等

不相互约束,或尽可能地减少相互间的影响。这样可以对多种不同的信息表示和不同的用户交互方式,提供有效的显式支持。

3. 分布式多媒体数据库技术。这是实现 CSCW 分布式环境下多媒体信息的存储、访问、查询、编辑的重要保证。其实现途径主要有以下三种:一是通过扩充现有的关系数据库,如 Informix、Oracle7.0 等;二是采用面向对象的方法,如 MULTOS、ORION 等;三是采用超文本方法,如 Hypercard、Intermedia 等,多媒体数据库向传统数据库提出了新的挑战,它要求支持丰富的多媒体数据类型,支持多媒体对象的同步,支持复杂对象的查询以及基于非格式化数据的查询,并具有高效的存取多媒体数据的物理存储结构与逻辑组织结构等。为此,要从多媒体信息的物理存储模型、分布式多媒体数据库的体系结构、多媒体对象的时空合成与表现、多媒体信息的查询处理和索引机制、分布式多媒体数据库系统的接口机制等方面深入研究分布式多媒体数据库技术。

4. 多媒体通信的时空同步技术,以及协作过程中有效的访问权限管理机制,这里涉及协作对象之间的分层、分级、协作中的安全和保密等技术难点。

#### 四、CSCW 系统的实现方法

CSCW 目前常用的开发方法有:透明合作(Collaboration-transparent)方法和有意识合作(Collaboration-aware)方法两种。

##### 4.1 透明合作方法

透明合作方法的基本思路是将一个单用户应用程序不加修改地在一个用户工作组中运行,利用远程指针(Telepointer)使多个用户能够同时一起观察该应用程序的输出结果,或者指向多个视窗。为了实现协同操作,CSCW 系统必须能够把向该应用程序输入数据的控制权从一个成员转移给另一个成员。这种方法与具体的应用程序无关。图1表示了这种支持工具的框架,它由四个模块组成:应用程序共享模块(ASM),音象会议模块(AVM),远程指针模块(TPM)和共享单用户应用程序模块(SSA),它们共同受协作管理模块(CMM)控制。

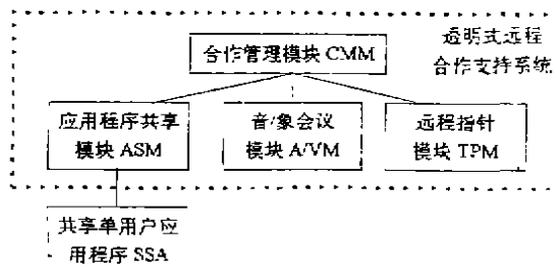


图1 透明合作方法的支持框架

各模块的主要功能为:①协作管理模块(CMM),主要用于管理各协作成员的动态组合;②应用程序共享模块(ASM)。所谓应用程序共享指的是 CSCW 系统同时能向所有协作成员提供输出结果,但在某一时间段内,只有一个成员有权执行输入操作,ASM 支持共享输出并通过转移输入权以支持各成员进行各自不同的输入;③远程指针模块(TPM),该模块为用户提供了一套 CSCW 系统内各合作成员均可见的指针。当一个远程指针移入某个共享窗口时,所有成员都能看到这个指针。因此,TPM 跟踪本地使用的远程指针的动作,并将这些动作及结果分送到各个远程站点上;④语音/视象会议模块(AVM)。这是 CSCW 系统的主要功能模块之一,用以实现协作成员间以“你见即我见”WYSIWIS 的多媒体方式通信。AVM 基于一个语音/视象(A/V)通信服务程序,能够把语音源和视象源的内容多路切换并分布传送给远处的与会成员。此外,AVM 还具有语音和视象处理能力,例如语音/视象数据的压缩与解压缩,语音信道的调制等等。在 ASM、AVM、TPM 及 CMM 模块的支持下,共享单用户应用程序模块 SSA 几乎不经修改就可使用,合作成员亦不必作更多的学习。

##### 4.2 有意识合作方法

虽然透明式合作方法可以完成 CSCW 的许多功能,但是当合作成员需要特定用户组(群)的反应或应用数据时,或者关系到特定用户组的特定应用程序时,这种结构就缺乏必要的功能,这时就要采用有意识合作的开发方法,这种方法就是开发专用的应用软件,直接地处理合作任务。图2表示了这种支持工具的框架。

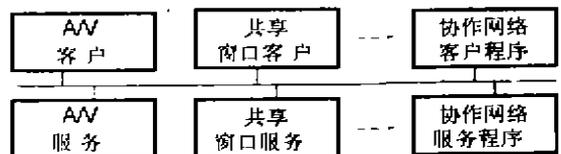


图2 有意识合作方法的框架结构

这种结构包含以下子系统:声音和图象通信(可利用 AVM 模块)子系统、共享窗口子系统(可利用 ASM 和 TPM 模块)、有意识合作网络子系统。系统的特点是能够把 A/V 传送的显式交互与其它应用软件(主要表现为隐式交互)区分开来。在分配标准的单用户应用软件中,共享窗口子系统起重要作用。

有意识合作网络子系统具有控制 A/V 子系统、共享窗口子系统以及整体用户接口的功能。这种结构利用了特定问题的多用户应用软件,易于扩展。

## 五、CSCW 的应用

由于 CSCW 环境适应了现代信息社会工作的群体性、交互性、分布性和协作性等主要特点,因此将成为社会上一种非常普遍流行的典型工作方式,并对人类的工作方式产生重大的影响。其应用研究主要包括以下方面:

- 会议支持:包括台式会议(desk top conferencing) 远程视频会议和实时网络会议等。

- 协同工作支持:包括企业集成、大规模工程项目开发、成组决策、多作家协同编辑(译)、多用户编辑等等。

- 协作式计算机辅助支持:包括计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)、计算机辅助软件工程(CASE)、远程教学、远程医疗等等。

- 其它应用:如虚拟办公室、虚拟大学、虚拟图书馆等等。

目前 CSCW 在欧美和日本得到了一定的应用。在欧洲,CSCW 系统应用最成功的例子之一,是丹麦在建造 Halsskov-Knudshoved 大型隧道(包括二座桥梁)过程中所使用的 CSCW<sup>[2]</sup>。这是 CSCW 支持大规模工程项目实施的极好实例。从工程立项开始,到工程设计、招标、投标、工程合同的签订,以及全部工程设计图纸的产生、文档资料的编辑加工、分发、管理和工程进度的监督、验收,以致于经费的预算、决算等都是在 CSCW 环境下进行,不但保证了工程的质量,而且还加速了进度,大大节约了资金。又如由德国计算机研究中心开发的 DIVA——虚拟办公室,为群体提供了异步和同步的通信、协作和觉察支持,该系统将各种技术集成在一个环境中,并以虚拟办公室的形式进行组织。

视频会议 CSCW 是目前应用最多的领域。会议是一种多个合作者之间有组织的通信行为。它为与会者建立了“面对面”和“你见即我见”的工作环境。当地域上分散的人们一起参加会议时,不但可以听到对方的声音,而且还可以看到别人的表情、手势等形体动作,CSCW 正是通过利用上述环境中的公共指针来吸引各方的注意力,说明要讨论的主题和对象,目前有关视频会议的产品已有很多,例如 AT &

T 公司开发的 Rapport 多媒体会议系统。

将计算机视频会议系统与其它信息系统相结合可以构成更广泛的 CSCW 系统。例如,与 MIS 系统相结合,就可以构成用于工厂和企业生产、业务管理的协同工作系统;而增加用于进行共同编辑的“白板”系统则可以构成多用户编辑系统等等。

### 结论

正如计算机网络从根本上改变了计算机的使用效能一样,CSCW 技术将再一次使计算机的应用价值发生质的飞跃,但是与以往的计算机系统相比,CSCW 应用系统的研究和设计难度较大,这是因为:首先,CSCW 是一个多学科交叉的研究领域,需要社会学、心理学、计算机科学等方面专家的共同协作;其次,CSCW 系统的设计面向用户,需要用户的亲自参与,因此 CSCW 既是一个充满活力与生机,又是一个富有创造性、开拓性的研究开发和生产新领域。随着计算机技术、网络与通信技术及多媒体技术的进一步发展,特别是“信息高速公路”计划的实施,必将大大促使其发展。相信在不远的将来会出现一个 CSCW 技术与产品蓬勃发展的局面。

### 主要参考文献

- [1] M. Stefik et al., Beyond the Chalkboard; Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meeting, CACM, (1)1987
- [2] J. Grudin, Computer-Supported Cooperative Work; History and Focus, IEEE Computer, (5)1994
- [3] K. Cronbaek et al., CSCW Challenges; Cooperative Design in Engineering Projects, CACM, (4)1993
- [4] W. Reinhard et al., CSCW Tools; Concepts and Architectures, 同[2]
- [5] M. Muhlhauser, A Modeling/Programming Framework for Large Media—Integrated Applications, Multimedia, Springer-Verlag 1994
- [6] H. W. Gellersen et al., Multiuser and Multimodal Aspects of Multimedia, 同[5]
- [7] J. D. Palmer et al., Multigroup Decision Support Systems in CSCW, 同[2]
- [8] S. P. Bird et al., Problem Formalization Techniques for Collaborative Systems. IEEE Trans. on Syst. Man and Cybern. (2)1995
- [9] F. Kretz etc., Standardizing Hypermedia Information Objects, IEEE Communication, (5)1992