

基于 Internet 的综合集成研讨厅系统体系结构研究^{*}

Architecture of Internet-based Hall for Workshop of Metasynthetic Engineering

操龙兵 戴汝为

(中国科学院自动化所复杂系统与智能科学实验室 北京100080)

Abstract The methodology for Open Complex Giant Systems(OCGS) is a metasynthesis from qualitative to quantitative, i. e. to build a Hall for Workshop of Metasynthetic Engineering(HWME), which has been founded for more than ten years. The development of Internet and its relevant technology has been a stable technology base for building Intranet/Internet based HWME. In this paper, the macroeconomic decision-making is taken as the research subject of HWME, the function and structure of HWME for macroeconomic decision-making are presented, some key points of constructing practical HWME for complex problem solving are discussed, and thus the design ideas of Intranet/Internet-based HWME and taking the HWME as a knowledge production and services system are pointed out and discussed. Furthermore, the software architecture of Internet-based HWME has been constructed in this paper, which can be the reference design model of HWME for specific OCGS-like problem solving.

Keywords Hall for Workshop of Metasynthetic Engineering, Internet-based, Software Architecture

1 前言

信息处理系统正变得越来越开放、复杂与面向网络,其中一个重要特征是人已经成为该系统中的组成部分,我们生活中最具体的人工开放复杂系统的例子是 Internet。对这样的开放、复杂巨系统的研究已成为信息与知识系统研究的热点之一。人机结合从定性到定量的综合集成研讨厅体系(简称研讨厅体系)是钱学森院士等于10多年前针对处理开放、复杂巨系统^[1~3]提出的方法论,其工程技术方法——综合集成法^[4],是处理复杂系统尤其是结构不良的复杂问题的求解方法,实际上就是要按照研讨厅体系思想构建处理具体复杂问题的智能信息系统。这样的研讨厅是针对具体的复杂问题,将专家群体知识与智慧、领域知识与数据、相关设备等有机地集成起来,按照人机结合以人为主要的设计理念和从定性到定量的一种综合集成的过程。

Internet 平台与技术的发展与普及,特别是人工智能与网络信息技术的高度融合,涌现出许多面向分布、开放、富含信息的环境的智能技术与设计理念,比如智能分布式信息融合与集成、异种网络互联、资源获取与知识发现、与平台无关的技术、高速宽带技术、智能主体与主动网络技术等,以上技术的逐步成熟使得有可能以 Internet 作为研讨厅的运行平台、资源仓库和技术标准,将复杂系统中有关的分布知识、数据、设备与智慧等通过 Internet 集成到研讨厅上来,并且将研讨厅的参与者从专家群体扩展到大众,建立分布式多层嵌套的研讨厅系统,发挥民主集中制的优势,从而较大限度、无时空限制地发挥分布各地、各行、各业的智慧、信息、资源的优势,解决局部往往难以处理的问题,提高对复杂、重大问题的管理与决策的科学化、民主化。

宏观经济决策是经济这个复杂系统中的重要问题,关系到国计民生和诸多因素。以研讨厅体系思想为指导建立支持宏观经济决策的研讨厅,实际上是要建立一个人与计算机分

工协作、人机一体的智能决策系统。本文从综合分析处理上述问题的关键要素出发,阐述支持宏观经济决策的综合集成研讨厅系统结构,进而从实现研讨厅系统的角度概括、总结提出研讨厅的软件体系结构。

2 综合集成研讨厅中的核心要素

2.1 人机结合

研讨厅不同于一般的决策支持系统的一个重要方面,是将人视为问题求解系统的组成部分。系统根据人与机器各自特长与优势进行功能与过程的分工,形成“人机分工、各取所长、以人为主、人机一体”的人机智能系统^[4]。人机结合的途径是人机交互与人机协作。

1) 人机交互 包括人机界面与人机对话,人机对话通过人机界面实现。人机界面已经历着从单通道(如命令行界面、图形用户界面)向多通道人机界面的转化,基于三维交互、语音、视线跟踪、姿势输入、反馈、自然语言、唇读、表情识别、指纹等技术,充分理会人的各种感觉与运动通道,形成并行、非精确方式的多媒体多通道的人机界面。近年出现的人与智能体交互(Human Agent Interaction, HAI)技术,采用虚拟用户界面智能体,为人机交互提供了新的技术途径。综合运用 Internet 及其技术群、多媒体技术、虚拟现实技术、分布式交互仿真技术、多通道技术、人工智能技术、思维科学等,有可能建立一个和谐的、拟人化的人机交互界面,形成一个具沉浸感的自然、高效的人机一体化的虚拟工作空间。

2) 人机协作 人机分工协作的目的是在复杂问题处理中将人的心智与机器的高性能有机地结合起来。在研讨过程中,充分发挥计算机的逻辑性,大规模、并行、分布计算与管理能力,进行实时计算、建模、仿真、查询等,为研讨人提供及时的佐证依据与智力源泉;人的作用体现在现场感受、顿悟与经验的发挥,对研讨流程的控制,模型参数的调整,研讨意见的归纳,方案的遴选,等。在研讨厅中,人已经融合到研讨的各相关

^{*} 本文研究得到国家自然科学基金重大项目资助(69990580)。操龙兵 研究方向:模式识别与人工智能,认知科学等。

戴汝为 中科院院士, 在职博士生,研究方向:计算机网络与智能系统。

环节里,人保证了人机智能系统中研讨与决策结果的顺利形成。人机协作的新途径是通过将人的意志赋予智能化的 Agent,人与 Agent 分工协作完成任务。

2.2 从定性到定量的综合集成过程

对于一个给定的复杂问题,专家在获得综合知识的基础上,会对这个问题形成一些“只可意会,不可言传”的解答,这种感受是定性、非精确的,具有经验性与不精确性;解决这一问题的标志往往是形成定量化的、可用清晰的定义与指令进行描述的知识,从而迈向理性的范畴。可见,处理问题的步骤就是一个从定性到定量的过程,这一过程是将专家凭经验得到的定性认识、各种信息与其他知识,通过计算机及相关技术,进行综合,建立模型,反复评估与修改,最终上升为对全局的定量认识。这个过程是非常复杂的,可能需要多层次的反馈,其中很重要的问题是如何为研讨专家创造氛围与途径,激发并利用专家的经验与猜想,将这些定性的知识(非结构化)转化为可供专家群体利用的半结构化或结构化的知识,使研讨厅具有在线的动态、主动的知识生产与进化功能,即使研讨厅具有自学习与判断、自演化的能力;以及如何在线进行知识的创新、表达、发现与获取等。图1描述了从定性到定量的综合集成的过程。实现从定性到定量的过程是一项很困难的理论与实践问题,但它却是综合集成的关键,比起定性与定量相结合要复杂、艰难得多,其具体实现方法与步骤可能有多种,还有待进一步的探索与研究。文[5]阐述的专家群体一致性算法是这一过程的一个近似解决方法。这种算法在分析研究群体思维收敛问题的基础上,进一步考虑专家的权值,通过应用这种方法使专家群体最终达成一致性的意见。

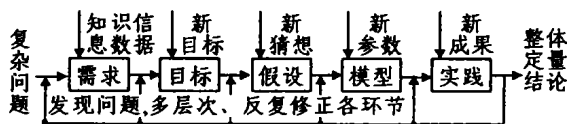


图1 从定性到定量的综合集成过程

2.3 综合集成法的研讨决策过程

采用研讨厅体系处理复杂问题是通过体现综合集成思想的研讨决策过程实现的,所以弄清楚综合集成的研讨决策流程与问题求解过程就成为具体实施研讨厅的关键。

1) 研讨决策流程 研讨厅中可以采用的研讨决策方式有在线研讨与离线研讨。按是否有人干预,可支持自由式研讨、引导式研讨、协同式研讨。按研讨规模与专业,可支持点对点研讨、分组后集中研讨、同方协同研讨、多方对抗研讨。实际设计综合集成研讨厅的研讨决策方式时,应根据所面对的具体问题的需求与特点,综合上述一种或几种研讨方式构建研讨流程。图2描述了研讨厅中主要的研讨决策环节,特别强调了综合集成的研讨决策是一个多层次的、迭代上升的过程。这里重点说明在程序中要实现的 N 轮研讨过程与 M 轮表决过程。

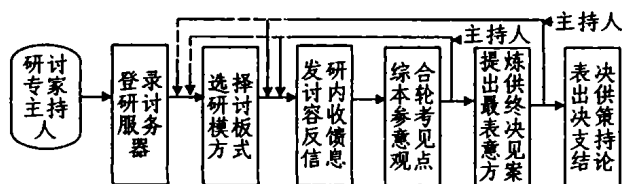


图2 体现综合集成思想的研讨表决过程

a) N 轮研讨过程:在本人或主持人的控制之下,遵循一定的研讨规范和行为规范,进行 $N(N>1)$ 轮的研讨,每轮综合出一个倾向性意见或观点;后轮的意见和观点比前轮更加明朗清晰;并就每轮综合的意见或观点结合新的思想进行下一轮的研讨,先后各轮呈螺旋式上升,直至得到可供最终表决之结论或方案。

b) M 轮表决过程:在主持人主持下,遵循一定的表决研讨规范和意见整合算法,以相对集中的方式就第 N 轮总结提炼出的意见或方案进行表决研讨,可能需要进行 $M(M>1)$ 轮的表决研讨,才能得到作为决策支持之用的结论。

2) 综合集成法的问题求解过程 对于实际的复杂问题,采用研讨厅体系思想进行求解的过程可用图3加以说明。在此过程中^[1],系统建模过程需要理论方法、经验知识、数据与相关资料的结合;经过仿真与优化等得到的定量结果,须结合专家群体的感性、理性知识进行共同讨论与判断,而后修正模型和参数,返回重复求解过程,直至得到专家群体认为可信的结果,该结果融合了专家群体对问题求解的定性描述与数据结果,具有足够的科学根据,可以作为支持决策的结论和策略。

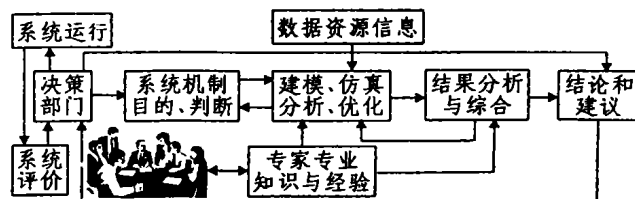


图3 综合集成法问题求解过程

面对一个复杂问题,群体成员在研讨开始时的看法往往各不相同,这是分散化思维的表现。在研讨厅中,除了数据、模型、知识外,还必须综合参与研讨者(主要指专家)全体的意见。由于群体中个体的知识背景、看待问题的价值观、决策者社会背景的不同,以及群体中的成员对包含在复杂问题中各种因素的重要性的感知或信念(看法)不同,面对同一问题或几个可选的方案,他们不容易达成共识。这就需要进行意见综合,也叫共识形成(Consensus Building)^[6]。目前国际上已有许多组织各自从不同的角度进行研究,比如从社会科学角度、群体决策和决策会议角度、数学的角度、系统科学角度等,并已经形成多种达成共识的理论、方法和工具,比较有代表性的有 Delphi、NG、AHP 法等。

3 支持宏观经济决策的综合集成研讨厅

按照研讨厅体系思想,以宏观经济决策为研究对象,我们构建了支持宏观经济决策的综合集成研讨厅系统雏形^[7]。该系统综合运用了现有的信息技术与人工智能技术,采用 Intranet/Internet 开发模式,集成了异种操作系统和数据库,建立了一个基于分布式网络的研讨厅。研讨厅主要由数据中心,包括分布的宏观经济数据库子系统、研讨厅数据库子系统、宏观经济资源信息子系统、研讨厅数据维护子系统;综合集成支撑中心,包括宏观经济模型子系统、宏观经济方法子系统、群体意见整合子系统、知识开发与发现子系统、可视建模子系统以及信息检索子系统等;研讨中心,包括研讨方式与模板管理、脚本生成、研讨流程管理、状态管理、角色管理、研讨记录管理、报告形成与输出、分研讨厅管理与分厅方案集成等模块;信息协作中心,包括为了方便研讨决策所设计的内外部邮

件系统、通知管理、日程事务管理、厅内办公协作系统等;以及安全中心,包括防火墙、代理服务器,主动入侵检测、用户行为

跟踪、物理隔离等技术途径。

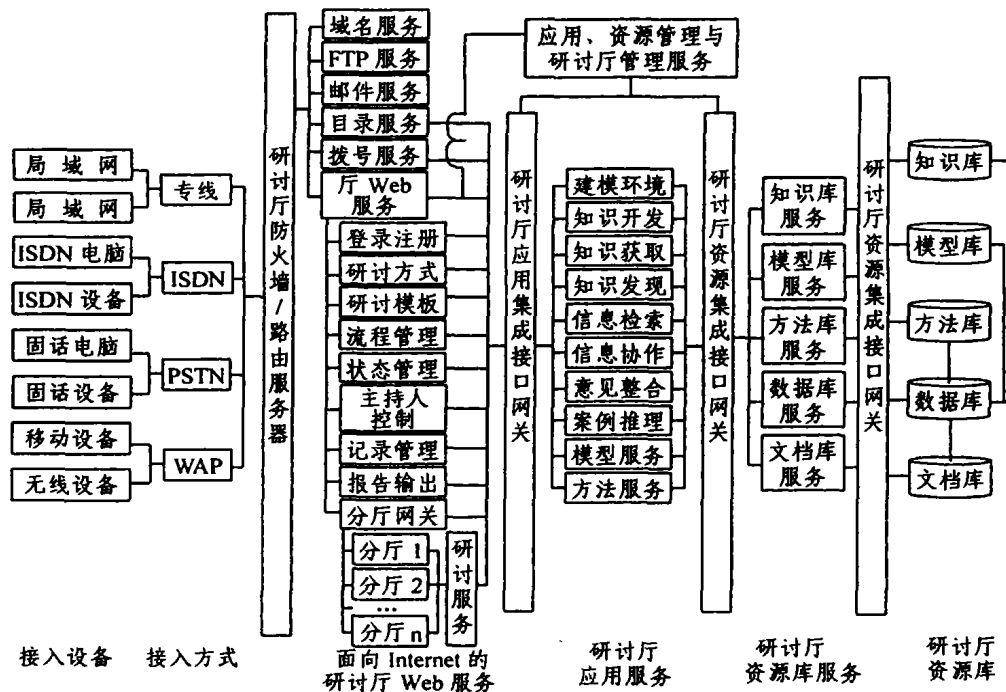


图4 支持宏观经济决策的综合集成研讨厅结构

4 综合集成研讨厅的体系结构

应该说,我们目前正在研究的研讨厅系统已经在体现综合集成研讨厅体系思想方面取得了重要进展,尽管离研讨厅体系的思想还有很大的距离,还有许多的理论问题有待进一步的探索,但是这项结合实际问题所做的探索使我们对应用研讨厅思想处理复杂问题时所构建的研讨厅的体系结构、技术路线、研讨流程、角色及其权限划分、主持人作用、模型方法库与知识库的建设、分布资源的集成等关键方面做了深入而具体的探讨且有一定经验,对主要应依靠最新的信息技术与开发理念才能建成研讨厅的开发模式等有了工程化经验。综合考虑,我们认为利用目前的技术条件已经可以建立基于Internet研讨厅雏形,只要条件允许,可以形成人机友好的沉浸式的研讨厅氛围,丰富相应的资源库与决策支持服务,从而建立实用化的问题求解途径。下面重点就涉及多个组织机构(不同地点)、多目标利益关系(不同决策人)的复杂行为系统,采用研讨厅体系构建工程化的研讨厅时应主要关注的三个方面的问题进行说明。

4.1 基于Intranet/Internet的研讨厅

根据问题所涉及的范围与规模,所建立的研讨厅应是基于Intranet(规模小,一个地点的局部行为)或者基于Internet(问题涉及多个远程分布的单位,规模大)的。其基本构想包含以下几层含义,一是研讨厅运行在Intranet/Internet上,Internet不只是研讨厅的“媒介”和“运行平台”,而且是研讨厅体系的不可分割的组成部分,作为研讨厅的资源库、知识库、分布计算平台、研讨服务平台、决策支持工具,作为研讨厅体系中的机器体系与知识体系的支撑、计算、服务、运行平台。研讨厅所在的网络规模一般为广域网。二,必须充分借鉴与使用Internet系统的建设、运行规范、标准,如系统架构、网络协议、语言、计算模型、软件工程规范。三,广泛采用Internet标准与技术,如分布计算、协同计算、移动计算、主动网络、广域

网技术等,采用面向组件、XML的设计范式。四,基于Internet的研讨厅是一个分布式层次性的研讨体系,即可以把一个会议再拆分为若干个子会议,或者拆分为若干个针对特定主题的讨论班。这些子会议可随时和主会议保持联系,在各个子会议结束后将结论上报主会议;这样子研讨厅之间形成了一种协作的关系,不同的子会议有不同的议题,但是它们又是基于一个目标的。而且子会议之间既可以互相通报情况,也可以互不干涉,主会议和子会议都是基于Internet的,会议之间的通信也通过Internet来进行。当然,基于Intranet或者Intranet建设研讨厅都会遇到安全问题,有效的途径不是完全的隔离,而应基于主动检测与防御思想,采用包括防火墙、代理服务器,主动入侵检测、用户行为跟踪、备份、物理隔离等技术途径,并将研讨厅整体和局部结合起来建立安全体系。

4.2 研讨厅是一个知识生产与服务体系

研讨厅体系是集专家体系、机器体系与知识体系于一体而发挥出综合优势以处理复杂巨系统问题的方法论,其中的机器体系是骨架,专家体系是灵魂,知识体系是营养,三者有机地结合才能成为一个有活力、出智慧的整体。在这三者中,从应用系统角度看,关键是如何集成知识与智慧,研讨厅要能创造氛围与途径激发专家的经验与猜想的发挥与利用,将这些定性的知识(非结构化)转化为可供专家群体利用的半结构化或者结构化的知识,以及如何在线进行知识的创新、表达、发现与获取等。总而言之,研讨厅应该是一个知识的生产与服务体系。

一个开放、动态、分布的知识体系是研讨厅体系工程技术化的关键,即应用研讨厅体系处理复杂问题的工程目标是要将研讨厅体系建成一个基于Intranet/Internet的知识生产与服务体系,这一构想的具体内涵是:其一作为知识生产与服务体系的研讨厅系统中流动的更多的是知识;其二知识的范畴覆盖现代科学技术体系的十一大部门;其三Internet上的数字化世界和古往今来流传民间与有书记载的均是研讨厅的知

识开放的无尽的源泉;其四研讨厅具有在线动态、主动的知识生产与进化功能,知识的获取与发现功能,即研讨厅具有自学习与判断、自演化的能力;其五研讨厅提供以下服务功能,即专家定性(非结构化)知识的表达、处理,知识的主动、高效的服务功能,知识生产与服务开发环境。

4.3 研讨厅软件体系结构

结合实际问题的需求建设实用化的研讨厅的关键,是应用信息技术设计好研讨厅系统的体系结构,主要的是研讨厅网络系统的软件体系结构与开发模式。根据复杂问题的规模,需要采用研讨厅处理复杂的问题,所要建立的基于 Intranet/Internet 的研讨厅的软件体系结构具有开放、分布、透明(支持异构)、用户友好和企业级等突出特点,计算模式采用嵌套 B/S 结构的多层分布式体系,采用企业级服务器端技术与宿主语言,开发理念应充分采用基于构件的网络系统的设计思想。总结目前的研讨厅雏形,综合集成研讨厅的软件体系结构可以归纳为如图5所示的多层结构,包括人机界面、决策、综合集成、网关、资源和平台层。

人机界面层实现对专家友好的人机交互的界面与对话方式。将人的意志赋予 Agent,形成人与智能体 Agent 交互(HAI)是人机结合研究的新课题。

决策层主要开发决策目标与分析服务。如宏观经济决策中的月度年度经济预测、经济运行预警、中长期规划、多目标综合评价、景气分析等。

综合集成层是实现综合集成的关键,包括综合集成研讨服务和综合集成支撑服务。研讨服务执行综合集成研讨与表决,包括研讨方式、脚本、模板、流程、状态、主持人、专家群体、分布的研讨厅的管理,研讨意见的整合、方案的表决和报告的输出等。支撑服务支持综合集成研讨与表决,包括知识开发与可视化建模环境、视频与邮件系统、模型/方法/数据库/独立应用等资源的调度、站内外的信息检索与协作、数据仓库、知识发现与案例推理,以及分布研讨厅的结论与资源的集成等。

网关层则视具体系统分为数据库网关和分研讨厅协作网关。前者是研讨厅中的知识、方法、模型、应用、专业与多媒体数据、研讨信息等连接、访问与管理接口;后者是连接、访问与管理分布式的多研讨厅系统,主要包括通信连接器、调度器、队列与事务管理器、分厅方案集成与消息管理等。

平台层又叫基础设施层,是综合集成研讨厅的基础设施与运行的物理平台,对于分研讨厅它可能是局域网甚至是城域网。对于一个涉及面极大的复杂问题,如全球环境问题的研讨,分研讨厅可能是一个分布、多层次的集群结构,这时的分研讨厅协作网关还应具有路由与交换等功能。

统建立在 Internet 大信息空间之上,研讨人通过浏览器登录研讨服务器,参与研讨或调用其它服务;系统中的操作系统、应用服务、数据服务等层次架构、技术产品、开发工具、信息安全等应根据 Internet 的特点与要求灵活选择与配置。

系统将 Internet 当作研讨决策的自助式图书馆,以智能搜索技术、智能浏览器技术、智能体技术、PULL 与 PUSH 技术、数据挖掘与知识发现技术等为支持,充分发挥 WWW、新闻组、邮件列表、点播服务等服务的作用,按需综合利用可得到的全球古往今来的智力成果,为研讨、决策提供实时的资源、证据。

系统应支持分布式、异种的应用服务与数据服务,采用宽带接入技术、分布对象技术、分布式多媒体协同应用、移动计算技术与协同计算技术、NET 技术等,并充分发挥高级人工智能技术中的多智能体技术等,将综合集成研讨厅建成一个人机和谐、动态、交互、分布、协同、智能化的虚拟研讨工作空间。

显然,这样的综合集成研讨厅本身就是一个大规模、开放的、复杂的信息与知识处理与决策支持系统,关于这类系统的组织与体系结构的研究正受到研究界的关注,智能信息主体技术是目前被认为可以用于这类系统的设计与实施的有效而可行的技术,并成为研究热点。文[8,9]对采用智能移动主体技术构建综合集成研讨厅的 Multi-agent 组件单元、Agent 系统计算体系模式进行了探索,提出了多层嵌套的客户/主体/服务器设计模式,并基于该模式设计了研讨厅的系统框架结构,详细阐述了基于智能信息主体进行分布式资源集成的策略与工作过程。

结论 从定性到定量的人机结合综合集成研讨厅体系是处理复杂系统特别是像宏观经济决策之类的复杂巨系统问题的有效途径,其中的主要问题在于体现综合集成思想的研讨厅系统的设计。Internet 平台与技术、人工智能在 Internet 中的应用等为基于 Internet 基础设施、标准、协议与技术构建综合集成研讨厅提供了工程与技术基础。本文在重大基金项目“支持宏观经济决策的综合集成研讨体系研究”已经建立的研讨厅雏形的基础上,总结讨论了应用研讨厅体系进行工程化设计的关键要素,阐述了宏观经济决策研讨厅的系统结构,总结提出了基于 Intranet/Internet 构建综合集成研讨厅、将研讨厅建成一个知识生产与服务体系的技术路线,并归纳提出研讨厅的软件支撑环境的体系结构,作为应用研讨厅体系设计处理复杂问题的研讨厅系统的参考。

参考文献

- 1 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学的新领域——开放的复杂巨系统及其方法论. 自然杂志,1990,13(1):3~10
- 2 钱学森. 再谈开放的复杂巨系统. 模式识别与人工智能,1991,1
- 3 王寿云,等. 开放的复杂巨系统. 浙江科学技术出版社,1995
- 4 戴汝为,王珏,田捷. 智能系统的综合集成. 浙江科学技术出版社,1995
- 5 王丹力,戴汝为. 群体一致性及其在研讨厅中的应用. 系统工程与电子技术,2001,23(7)
- 6 顾基发. 意见综合. 系统工程学报,2001,10
- 7 中国科学院自动化所人工智能实验室. 支持宏观经济决策的人机结合综合集成研讨体系研究(NSFC No. 79990580)技术报告书,1999
- 8 操龙兵,等. 基于智能信息主体的综合集成研讨厅软件体系研究: [技术报告]. 2001
- 9 Cao L B, Dai R W. Autonomous Intelligent Agents for Metasynthetic Engineering: A Macroeconomic Decision Support System. [Technical Report]. 2001

图5 综合集成研讨厅软件体系结构

Internet 平台与技术的发展与普及,使得有可能将综合集成研讨厅建立在 Internet 之上,充分发挥 Internet 上的资源与交互优势,开发面向 Internet 的应用与服务。将研讨厅系

人机交互 (HAI) 服务					人机界面层	
决策目标与分析服务					决策层	
综合集成研讨服务					综合集成层	
综合集成支撑服务						
研讨厅协作/数据网网关				资源网关		网关层
分研讨厅 1	分研讨厅 2	...	分研讨厅 N	资源管理器		资源层
		...		资源服务		
基础设施与平台 (Internet)					平台层	