

银河分布计算环境^{*}

吴泉源 王怀民

(国防科技大学计算机系 长沙 410073)

摘要 分布式客户/服务器计算环境是90年代分布处理的主流计算环境. 应用需求的发展使分布式客户/服务器计算环境面临许多新的技术问题, 包括应用级系统集成问题、智能服务问题和支持协同工作问题等等. 本文以银河分布式客户/服务器计算机系统 YHCS 为背景, 讨论 YHCS 分布计算环境的构成及主要设计技术. 该环境以系统集成技术为重点, 在解决上述3个技术问题方面取得了重要进展.

关键词 分布计算, 客户/服务器, 系统集成, 协同.

中图法分类号 TP302

分布式客户/服务器计算机系统是90年代分布处理的主流系统, 实现这一主流系统的关键是分布计算环境的建立.^[1~3]应用需求的发展使分布式客户/服务器计算机系统的开发面临许多新的技术问题, 包括:

(1) 集成中间件问题

在推进客户/服务器计算的进程中, 许多计算机厂商把主要注意力集中在解决服务器处理能力的瓶颈问题上, 纷纷推出自己性能优越的服务器硬件产品. 而客户/服务器应用的客户处理部分与服务器处理部分之间的缝隙问题常常被忽视. 填补这一缝隙的软件平台——中间件, 已成为制约客户/服务器应用的关键因素.

(2) 典型应用服务问题

软件厂商已经为用户提供了文件共享服务、数据库共享服务和电子邮件传送服务等专门的信息服务中间件, 并已被广泛使用. 面对智能化的分布式事务处理与信息分析以及含有多媒体信息的协同工作等新应用需求, 知识处理服务和多媒体信息服务已经成为分布式客户/服务器计算机系统应当提供的典型信息处理服务.

(3) 协同计算问题

客户/服务器计算的实用价值是在资源共享和信息服务的应用中得到确认的. 传统的客户/服务器计算技术有效地支持了客户应用与服务器之间基于“请求/应答”模式的协同计算, 但客户应用之间的群体感知与协同工作则被常规的客户/服务器计算技术所忽视.

* 本文研究得到国家863高科技项目基金资助. 作者吴泉源, 1942年生, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为智能软件和分布计算. 王怀民, 1962年生, 博士, 副教授, 主要研究领域为分布计算技术, 面向Agent技术, 智能软件环境.

本文通讯联系人: 吴泉源, 长沙410073, 国防科技大学计算机系

本文1996-11-27收到修改稿

银河分布式客户/服务器计算机系统 YHCS 是在国家 863 计划的重点项目支持下取得的成果. YHCS 的核心是分布计算环境,它以系统集成技术为重点,在解决上述 3 个技术问题方面取得了重要进展,形成了以下具有鲜明特色和自主知识产权的技术成果:①基于分布对象技术的客户/服务器集成中间件;②智能服务技术;③含多媒体信息的协同工作技术.本文在介绍 YHCS 的总体结构之后,将分别讨论 YHCS 分布计算环境中的上述 3 项技术成果,最后分析该环境的技术先进性与应用前景.

1 YHCS 总体结构

银河分布式客户/服务器计算机系统 YHCS 由网络计算平台、分布式客户/服务器计算环境和应用系统 3 个主要层次构成(见图 1).本系统的网络计算示范平台包括目前国际上流行的两类计算平台,即 UNIX 工作站与服务器平台以及运行 Windows 系列操作系统的 PC 与 PC 服务器平台.其中工作站使用 Sun Sparc 20 和 Sun Sparc 1,分别运行 Solaris 2.4 和 Sun OS 4.1 操作系统.工作站之间以及工作站与 PC 之间通过 10Mbps 的以太网连接,采用 TCP/IP 通信协议.含多媒体信息的协同工作示范平台由 4 台 586 PC 作客户机,主存容量为 16MB,外存容量为 1GB,配有 JMC-550 视频卡,Sound Blaster 音频卡,1 个摄像头和 1 组音箱,运行 Windows for Workgroup;1 台高配制 586 PC 服务器运行 Windows NT,与客户机之间通过 100Mbps 高速以太网连接,采用管道通信.

分布计算环境建立在主流的网络计算平台上,其核心是服务请求代理机制(详见第 2 节)和多媒体通信中间件(详见第 4 节).该环境提供了 3 类服务.第 1 类是基本的系统服务,负责 YHCS 的系统管理;第 2 类是公共应用服务,包括 SQL 数据库服务、智能推理服务和多媒体信息服务等;第 3 类是面向特定应用的服务,如工程数据管理服务.本系统的外层是基于该环境的应用系统.

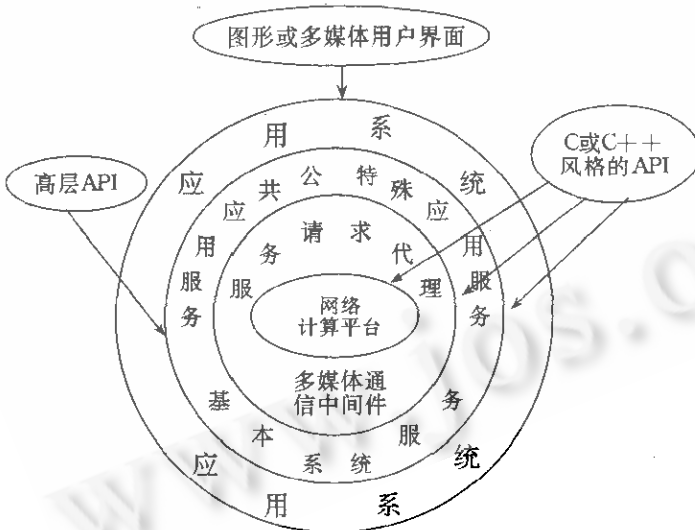


图1 YHCS的层次结构

YHCS 为不同用户提供了 3 类不同层次使用该系统的手段.第 1 类手段是支持高级集成系统开发者利用 C 或 C++ 风格的应用程序设计界面(API),灵活地建立或集成新的客户/服务器应用;第 2 类手段是支持一般开发者利用高层语言(如接口定义语言 IDL、SQL 和人工智能语言)高效地开发应用;第 3 类手段是支持用户通过含多媒体信息的图形用户界面,方便自如地使用应用系统.

2 系统集成中间件

早期,系统集成只是简单地实现网络级的集成.随着数据库技术的发展,各大数据库厂商纷纷推出了数据库级的系统集成产品.目前,系统集成工作发展到了应用代码级的集成.由于应用系统的多样性,应用系统的集成远比网络级和数据库级复杂,至今虽然出现了一些大公司认同的应用系统集成标准,但尚未产生支持应用系统集成的中间件主流产品.这就给我国系统集成和软件研究开发者带来了挑战和机遇.YHCS 集成中间件立足于应用级系统集成,其设计目标是支持系统集成开发者方便灵活地建立各种客户/服务器应用,最终使客户方的应用程序开发者既不需要关心网络的存在,也不需要知道为其服务的各类计算资源和数据资源的物理位置.

进入 90 年代,分布对象技术成为分布计算技术发展的主流方向.^[1,2]其技术特点是:(1) 主要解决分布异构环境下应用的互操作性问题;(2) 将客户/服务器模型与面向对象技术结合在一起;(3) 提供面向对象的 API;(4) 建立集成框架或软件总线结构.YHCS 集成中间件采用分布对象技术,为开发客户/服务器应用提供了通用的集成框架(见图 2),简称 CSE/MA.

CSE/MA 的核心是基于 agent 的服务请求代理机制.各类服务按照 CSE/MA 提供的标准服务对象模板设计为服务 agent(记为 SA),插接到 CSE/MA 上.客户应用则通过本地称为服务请求代理(记为 RA)的对象访问 SA.RA 的存在使得客户应用所需的异地服务如同在本地一样.

CSE/MA 分为客户环境和服务环境两个部分.服务环境中的服务可分为基本系统服务、公共应用服务和特殊应用服务.基本系统服务是保证 YHCS 正常工作的系统服务,带有元服务的性质,建立所有应用都离不开它,因而属 CSE/MA 直接提供的典型系统服务.例如,YHCS 的注册管理服务使得客户方的 RA 可以通过 SA 的名字在运行时刻动态地确定 SA 的物理位置;公共应用服务涉及客户应用所需的常规服务(例如文件共享服务、数据共享服务和知识处理服务等);特殊应用服务(如产品设计数据管理服务)为特定客户提供针对性的服务.除基本系统服务外,CSE/MA 服务环境中一般还提供了某些典型的 SA.客户环境中提供了这些典型 SA 的 RA.CSE/MA 设置了标准的服务对象模板,集成系统开发者采用这一模板可方便地建立系统尚未提供的 SA,加入到服务环境中.

利用 CSE/MA 的框架结构建立的客户/服务器集成系统涉及基本系统服务 Register 以及 SA,RA 和客户应用:

系统服务 Register: Register 是 YHCS 实施分布资源管理的核心,其基本作用是管理 YHCS 中的 SA 和 RA 的地址信息及其有关的信息;为 RA 提供访问 SA 所需的地址信息,使集成系统开发者可以方便地实现与 SA 驻留地无关的分布式客户/服务器应用.特别是当某个 SA 的地址在运行时刻发生变化时,Register 能够及时主动地通知相关的 RA.Register 的地址为系统中的 SA 和 RA 共知.Register 为 YHCS 的管理者还提供基本的系统管理

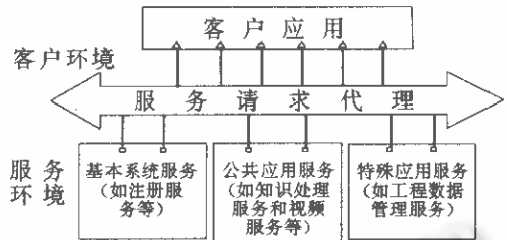


图2 集成中间件CSE/MA的框架结构

功能。

SA: SA 通常驻留在某一个服务器结点, SA 在生成时自动将其地址信息以及有关管理信息注册到 Register 上;然后启动守护进程监听网络上的服务请求;如果有请求消息到达,则进行方法匹配(Method Match);如果匹配成功,则启动方法分发器激活被请求的方法;最后将结果返回给请求者。

RA: RA 与相应的客户应用驻留在同一个结点上. RA 在生成时自动向 Register 查询所代理的 SA 的地址信息. 当客户应用欲请求一个 SA 为其服务时,即向该 SA 在本地的代理 RA 发出此请求,RA 利用从 Register 那里获得的地址信息与 SA 建立连接,并通过下层的远程消息传递机制(RMP)将请求发送给它所代理的 SA,并接收 SA 返回的结果,最后,将结果送回给客户应用。

图 3 显示了基于 CSE/MA 建立的客户/服务器应用系统的典型的工作过程。

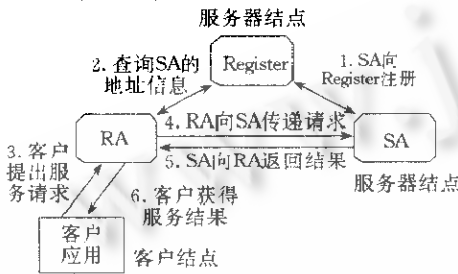


图3 CSE/MA的动态工作过程

CSE/MA 为建立分布式客户/服务器应用提供了良好的开发手段和基本的分布式系统管理功能. 基于 CSE/MA 的框架结构, YHCS 为集成系统开发者提供了两种开发分布式客户/服务器应用的手段:①C++风格的 API;②接口描述语言 IDL. 集成系统开发者使用 CSE/MA 环境分别提供的 RA 和 SA 的构造框架以及相应的 C++风格的 API,即可方便地直接建立 RA 和 SA. IDL 是

CSE/MA 提供给集成系统开发者的更高层次的开发工具,开发者只需使用 IDL 语言给出 SA 的接口描述说明, CSE/MA 即可通过 IDL 编译器将接口描述说明自动转换成 RA 的 C++代码和 SA 实现模板的 C++代码. 本系统采用 CORBA (common object request broker architecture)风格的 IDL. CORBA 是世界著名的对象管理组织(OMG)提出的公共对象请求代理结构,已得到国际上包括 IBM, SUN 等主要计算机公司在内的 700 余家软硬件厂商的支持。

3 智能服务软件环境

本系统将多种智能服务软件(例如逻辑推理服务、产生式推理服务、专家数据库管理服务)接插在集成框架上,解决了客户应用与智能服务器之间特殊的交互协议问题以及智能服务器与 SQL 数据库服务器动态交换数据问题,提供了丰富的应用程序设计接口(API). 基于本系统的智能服务技术,用户在其客户机上只需要安装十分简单的客户软件就可以访问服务器上功能强大的多种知识处理服务,实现知识共享。

智能服务软件的协议较之常规的请求/应答的协议复杂得多. 因为智能服务软件在问题求解过程中,可能要与客户方进行多次交互. 这种交互如果也采用请求/应答的方式进行,那么网络的开销会很大,整个系统的效率也会大大降低,为此,我们设计了一个高效率的客户方和服务方的应答协议,该协议由各种状态组成,服务方的状态转换关系如图 4 所示. 客户方的状态转换关系如图 5 所示。

为了有效实现逻辑推理服务器与数据服务器的动态互访,我们基于预编译的解释方法

提出了一种新的逻辑推理问题的求解方法.该方法的主要求解步骤是:

(1) 部分计算:汇集数据库操作类谓词(如 rdb 谓词),以便静态优化时归并可能的联结选择投影运算;尽可能多地把数据库操作类谓词中的变量特例化,以减少 PROLOG 与 DBMS 间的信息交换量;对可能求值的谓词尽可能实施计算,最大限度地优化源程序;

(2) 静态优化:对部分计算后的程序进行相关性分析,通过识别和分离程序或目标中的数据库提问,构造利于 SYBASE 数据库系统高效执行的极大关系演算表达式,一次性求得多个相关事实性谓词的全解,并尽可能地静态翻译,组织成 DBMS 的有待进一步确定化的提问;

(3) 由用户提问启动 PROLOG 服务进程;

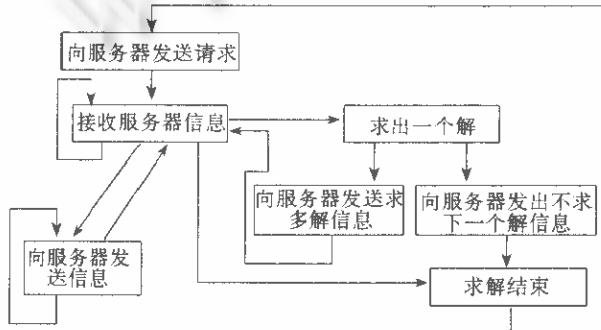


图5 客户方的状态转换关系

执行由动态优化模块动态翻译成的 SYBASE 查询语句,即 SQL 命令;

(7) 把查询到的结果翻译为 PROLOG 事实,并装入 PROLOG 的工作存储器;

(8) 激活 PROLOG 进程继续执行.

基于这种方法,我们设计并实现了 PROLOG++服务器,它成功地集成了逻辑推理服务与 SQL 服务.

4 多媒体信息协同工作中间件

计算机支持的协同工作(简记为 CSCW)是客户/服务器计算机系统面向的新的应用领域. CSCW 可在两种分布式计算机系统结构上实现,即客户/服务器计算机系统和对等分散的计算机系统.前者具有信息一致性好、便于系统管理的优点,但可能存在服务器瓶颈问题,适合于局域网环境下客户个数较少的 CSCW 应用.后者的客户结点瓶颈问题不突出,但数据的一致性维护困难,一般在客户个数多的广域网情况下采用.当前由于广域网的网络基础设施还不够好,因而大多数 CSCW 环境的研究开发工作基于客户/服务器计算机系统结构.

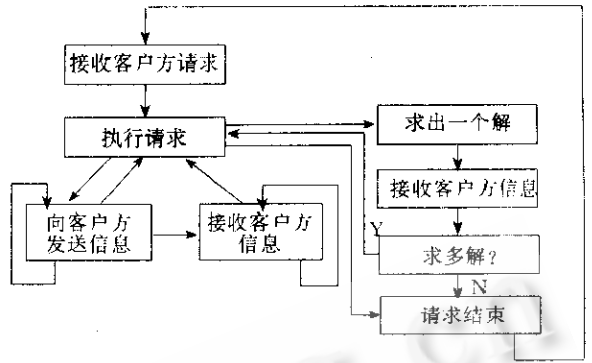


图4 服务器方的状态转换关系

(4) 以标准的 PROLOG 策略求解目标表中的子目标,直到当前子目标为(2)中的 DBMS 提问为止;

(5) 动态优化:通过分析当前数据库查询与历史询问的关系,判断当前询问是否需要调入(或生成)新的事实.在必须调入(或生成)新的事实时,依据历史询问产生调度(或生成)新事实的询问或条件;

(6) 启动 SYBASE 数据库系统,

较之典型的客户/服务器应用, CSCW 对客户/服务器计算提出了新的技术问题, 首先是多媒体信息的通信问题. 在 CSCW 环境中, 用户之间的通信涉及音频、视频、图象和文本等多种媒体, 数据量大, 不同的媒体要求不同的通信质量的服务(QoS), 而典型的客户/服务器应用主要涉及符号通信. 再者就是群体感知和协同工作管理问题. 典型的客户/服务器应用只关注客户与服务器之间的协同关系, 不涉及多个客户之间的群体感知和协同管理, 而这两个问题是 CSCW 应用的基本问题.

YHCS 在支持 CSCW 方面着重研究了以下两项技术: (1) 支持不同 QoS 的多媒体信息(组)通信技术; (2) 支持群体感知和协同管理的技术.

YHCS 建立了相应的多媒体通信中间件以及会议与合著系统管理中间件. 按照 CSCW 环境中的 QoS 的不同要求, YHCS 系统建立了 3 种管道: (1) 会议管道: 负责会议控制命令和电子白板中的数据传输; 对这一管道, 把数据传输的可靠性放在首位; (2) 音频管道: 负责音频数据的传输; (3) 视频管道: 负责视频数据的传输; 对这一管道, 实现多台客户机之间一对多的多媒体通信是 CSCW 应用的又一特殊的通信要求. 实验表明, 在 PC 网络平台上直接使用广播机制难以达到 CSCW 应用所需的 QoS. YHCS 采用了基于 NT 服务器的通信结构, 当某台客户机与其它客户机通信时, 其消息均由 NT 服务器转发, 强调的是传输速率.

基于通信中间件, CSCW 的应用开发者, 就不必了解这些管道建立和管理的细节, 只需熟悉通信中间件的 API 就能十分方便地建立视频、音频和会议控制命令的通信.

YHCS 提供的会议管理与合著管理中间件包括以下功能: 全局会议管理; 群体感知管理; 共享编辑管理; 共享作品与素材管理.

全局会议管理包括会议的登录管理、会议参加者的角色(权限)管理、会议档案管理和会议通知的转发. 群体感知管理是实现用户之间的你所见即我所见(WYSIWIS); 共享编辑管理负责管理合作著作中共同编辑的信息和动作; 共享素材和作品管理负责共享素材和作品的读写访问, 在一般情况下, 对共享素材和作品不允许进行任意修改, 以保证共享素材和作品的安全.

5 总结

我们研制的集成中间件, 技术上与 OMG 的 CORBA 和 Microsoft 的 OLE/COM 基本上是同步的. 当前, 与分布计算主流相联系的一个研究热点是: 将面向 agent 技术引入分布计算环境, 以适应 CSCW 等应用需求.^[4~6] 其技术特点是: (1) 主要针对如何支持协同工作的问题; (2) 将自主的 agent 模型与分布对象技术结合在一起; (3) 提供面向 agent 的拟人化的 API. 面向 Agent 的分布计算环境尚未达到广泛应用的程度.

较之当前有代表性的分布式客户/服务器计算机系统及其分布计算环境, YHCS 的主要技术特点表现在:

(1) 系统集成中间件采用 90 年代先进的分布对象技术, 提供了灵活开发客户/服务器应用的通用框架(软件总线)以及基本的分布式系统管理. 其中基于 Agent 的服务请求代理机制和主动服务机制有所创新, 超越了传统的客户/服务器计算的概念, 可适应协同工作的应用需求;

(2) 系统提供了逻辑推理服务、产生式推理服务和专家数据库管理服务, 并可与

SYBASE 数据库集成,为客户机用户开发知识处理应用、实现知识共享提供了有效支持;

(3) 实现了多台客户机之间一对多的不同 QoS 的多媒体信息通信和群体感知,提供了相应的通信中间件和协同工作服务,可支持含有多媒体信息的协同计算系统的开发;

(4) YHCS 在产品数据管理集成框架、企业智能化管理信息系统以及分布式多媒体协同工作等方面得到应用,显示出广阔的应用前景。

在 1996 年 4 月 YHCS 的鉴定会上,专家们一致认为 YHCS 居国内领先地位,达到国际先进水平。YHCS 作为重要成果参加了全国 863 计划 10 周年成果展。

致谢 YHCS 是课题组的所有参研人员通过两年多的艰苦努力研制的,在此感谢为 YHCS 分布计算环境做出贡献的同志们。

参考文献

- 1 Lewie T G. Where is client/server software headed? *Computer*, 1995, 28(4): 49~55.
- 2 Khanna R. *Distributed computing: implementation and management strategies*. Prentice Hall, 1994.
- 3 王怀民, 邹鹏, 高洪奎. 分布计算技术. *计算机工程与科学*, 1995, (3): 1~6.
- 4 Genesereth M R, Ketchet S P. Software agents. *Communication of the ACM*, 1994, 37(7): 48~53.
- 5 Wang H M, Wang P, Gao H K. Decentralized computing environment for agent-oriented programming. In: Person B and Simon I eds, *IFIP 13th World Computer Congress 94*, Elsevier Science B V (North-Holland), 1994. 169~174.
- 6 王怀民, 吴泉源, 高洪奎等. 基于 agent 的分布计算环境. *计算机学报*, 1996, 19(3): 197~201.

GALAXY DISTRIBUTED COMPUTING ENVIRONMENT

WU Quanyuan WANG Huaimin

(Department of Computer Science National University of Defense Technology Changsha 410073)

Abstract In 90's, client/server computing is a mainstream paradigms of distributed computing. With the applications spread, there are new technical challenges to develop distributed client/server computing environment, including systems integration on application codes level, intelligent services, and supporting cooperative work. The paper discusses the architecture and design of Galaxy distributed client/server computing environment. The environment focus on technologies of systems integration, making process on above issues.

Key words Distributed computing, client/server, systems integration, cooperation.

Class number TP302