

52-56,72

CIMS 面向对象 信息集成 PDM系统 (19)

CIMS 环境下基于面向对象技术的信息集成研究^{*}

The Research of Information Integration in CIMS Environment Based on Object-Orientation Technology

李必信¹ 高同启² 王武荣² 郑国梁¹ TH166(南京大学计算机软件新技术国家重点实验室 计算机科学与技术系 南京210093)¹(合肥经济技术学院 合肥230051)²

Abstract In this paper, the importance of object-oriented technology(OOT) in CIMS(computer integrated manufacturing system) environment is discussed and analyzed, engineering data management(EDM), product data management(PDM) and product information management(PIM) are discussed and compared. Especially, data integration based on OOT is presented in details, which we think can satisfy the requirement of project application for distributed database and heterogeneous database. Some views about data integration framework are also provided in this paper.

Keywords CIMS, Information integration, Framework, Object-orientation, Distributed database, Heterogeneous database

1 概述

信息技术既给企业带来了严酷的市场竞争和挑战,也为企业带来了新的机遇。信息技术和现代化管理技术的结合可以为企业提供如下的生产模式、管理技术和设计、制造技术:①物料资源规划(MRP)、制造资源规划(MRP-Ⅰ)和企业资源规划(ERP)。这是西方制造业管理技术的精华。借助产品和部件的构成数据、工艺数据和设备状况数据,将市场对产品的需求转变为对加工过程和外购原材料、零部件的需求,这样,对企业复杂的生产过程实现了一定意义上优化的科学管理,用计算机完成主生产计划、物料需求计划、能力平衡计划、采购库存和控制、生产成本核算、供应链计划控制等,使原来需要大量人力、时间也可能做不到的计划调整和优化成为可能。②准时生产(JIT)和精良生产。这是日本汽车行业科学管理的精华,也是一种管理哲理。它认为,在制造过程中,一切不能增加产品附加值的因素都属于浪费。因此,装设时间、在线存储、搬运时间及等待时间等这些 MRP-Ⅰ 接受的因素,在 JIT 中均被视为浪费。JIT 缩短装设时间,使经济批量被否定;采用“看板生产”,即由下游工序的需要决定上游工序是否应该生产,使存储大大减少,降低了生产成本,生产周期也随之缩短;JIT 不允许生产线中存在瓶颈,

也无需作详细的能力平衡计划,它用增加能力的方法来消除生产线中的不平衡,因此,生产线的能力总是过剩的,这会增加初始投资。另外,JIT 对设备故障、生产波动等的承受力比 MRP-Ⅰ 弱。应该指出,以 MRP-Ⅰ 为代表的西方管理哲理和以 JIT 为代表的日本管理哲理都是从它们不同的国情出发的。③支持产品设计和开发的各种计算机辅助技术,CAD、CAPP、CAE 和 CAM 这些技术手段在国外已广泛使用,经验证明,这些都是行之有效的技术。④并行工程和虚拟制造。并行工程是一种新的产品设计和开发的哲理。在计算机环境支持下协同工作(甚至可以做到异地设计),将原来的串行过程尽可能并行进行,这可以保证在产品阶段尽量消除各种不必要的返工,使产品开发一次成功。这将进一步缩短产品开发时间,降低开发成本,以优良的性能价格比参与竞争。⑤敏捷制造(Agile Manufacturing)。经验证明,庞大的企业王国,纵向一层又一层的结构,容易产生官僚主义,对市场的响应也慢。因此,国外许多企业都在走扁平式(而不是多层递阶结构)的企业结构形式,不搞“大而全”,走企业集成的发展道路,即充分利用企业之间的各种资源,结成针对某种产品开发的企业动态联盟(Virtual Enterprise),最快最省地开发产品,并将其推向市场。敏捷制造除了生产模式的改变之外,其技术支持便是

^{*} 本文工作得到国家烟草专卖局、合肥经济技术学院科研基金资助。李必信 博士生,研究方向为面向对象技术、分布式技术、CIMS;高同启 副教授;王武荣 副教授;郑国梁 教授、博导。

国家信息基础设施(NII)以及在网络上可以方便交换信息的产品模型数据交换标准等;⑥绿色制造(Green Manufacturing)。考虑到产品生产过程中的环境保护以及可持续发展战略在制造业的体现,从一个更大的系统高度看待企业,便是近几年正逐步形成热点的绿色制造。无论是设计、材料、工艺、制造等过程以及方法论都将充实绿色制造概念下的内容。⑦计算机集成制造系统(CIMS),实际上,上述的许多管理方法、技术,它们或者是CIMS的组成部分,或者是CIMS的新发展,CIMS这一概念是由美国Harrington博士1974年提出的,其核心内涵便是提高企业竞争力的系统观点和信息观点,CIMS强调,企业生产经营的各个环节,从市场、产品开发、加工制造、管理、销售及服务等都是一个整体,要统一起来考虑,这便是系统观点,其次,企业生产经营过程实质上是信息的采集、传递和加工处理的过程,这一观点为企业大量采用信息技术奠定了认识上的基础,CIMS便是在这种哲理指导下,通过生产、经营各个环节的信息集成,支持了技术的集成,进而由技术的集成进入技术、经营管理和人、组织的集成,使物流、信息流、资金流集成并优化运行,以此提高企业的市场竞争能力与应变能力。因此,将上述各种新的管理和技术看成是充实和完善CIMS内涵是合适的。目前较一致的看法是:CIM是一种组织、管理生产的哲理,而CIMS则是在这种思想指导下建立的制造系统,它覆盖了从市场分析预测、接收定单到产品设计,加工制造、质量保障、产品销售和售后服务等企业的各种活动。因此,CIMS是将MIS(管理信息系统),CAD(计算机辅助设计)、CAM(计算机辅助制造),FMS(柔性制造系统),CAQ(计算机辅助质量管理)等单元系统,在网络(NET)和数据库基础上有机结合的集成系统。

CIMS的主要特点是系统的有机集成,但它不是将企业的各种单元系统简单相加,CIMS集成主要包括信息集成、网络集成、功能集成和人员集成四个方面:

1)信息集成:信息集成则要求通过计算机网络与数据库实现信息传递与共享,让各种信息在各种控制、信息管理与决策中发挥其应有的作用。主要解决异构数据库和分布式应用环境下的数据互操作和数据共享等问题,一般通过专用数据接口,标准数据接口或工程数据库方法来实现。

2)网络集成:所谓网络集成,是要求各种自动化设备的合理配置与到位。主要解决异构数据库和分布式应用环境下,网内和网间的设备互连,传输介质互用,网络软件互操作和数据互通信等问题,主要通过标准的网路协议和路由器、网桥、网关等技术来解决。

3)功能集成:功能集成则是要将企业主要的生产经营活动通过计算机协调实现。主要解决各种应用互相通信和互相交换信息,应用操作及界面一致性问题,其解决方法主要包括:a)在系统结构设计中,对相关功能进行整体和一致性考虑,并把先进的管理、设计和制造方法融入系统的逻辑结构设计中;b)在网络集成和信息集成的基础上,采用结构化的软件调用关系和应用编程接口;c)采用并行工程的哲理、方法和技术,对产品及相关过程进行并行化和一体化设计。在CIMS实践中,为了最有效地进行产品设计,要求在产品设计的同时兼顾产品生存周期中的其他需求,应综合考虑产品的功能、结构、加工、装配、检测、使用、维修等关联因素,即所谓的并行工程。

4)人员集成:含义必须是正确处理整个系统的人机界面和大量诸如人际关系、组织结构、权力分配和管理模式等非技术问题。

总之,网络集成和信息集成是基础,功能集成是目的。在CIMS环境下,如何组织各种数据源,以利于信息的交换和共享,是实施CIMS的关键所在。本文重点论述CIMS环境的各种基于面向对象技术的信息集成策略,特别是对工程数据管理(EDM),产品数据管理(PDM)以及产品信息管理(PIM)进行了详细的讨论和比较。本文还对信息集成模式结构进行了分析和改进,最后建立了基于OO技术的信息集成框架。

2 CIMS环境下信息特点与集成策略

CIMS环境下数据的特点是:1)数据成分复杂,既有结构化数据,又有大量非结构化数据,而且数据源相当异构,既有关系型数据库,又有非关系型数据库,并且数据库在物理上是分散的。2)CIMS环境中各个子系统在系统集成前就已经建立了自己大量的数据库,并且基于这些数据库开发了许多应用系统,各个应用系统的设计是独立进行的,这就容易产生所谓“数据库孤岛”问题。

可见,CIMS环境下各数据源具有异构、分布而又自治等特点。因此,如何实现异构型分布数据源的集成,同时保证不破坏原有应用程序的独立性,即保持已有数据源的自治性,是解决CIMS环境中信息集成,实现各个系统之间信息共享与交换的关键。

从现在大多数的CIMS环境来看,采用面向对象技术是解决CIMS环境下信息集成的主要策略。这是因为:①信息集成可采用OO模型,而且基于对象的概念为异构、自治且分布的系统提供了一个极其自然的参考模型。各个分散而呈孤岛状的数据库可看作一个大对象,实施于对象的操作封装于本地的转换器中,发给本地数据库的消息依赖于界面,而与其内部的实现

方式以及本地数据库无关,从而可以支持异构数据库。另外,只要本地数据库保持不变,则其可独立而透明的操作,不影响原有应用程序,满足自治要求。鉴于 OO 模型是一个可扩充的模型,用户可方便地定义新的数据类型和操作,系统扩充方便。在本地对象的基础上,对象集合可按任意方式组合,形成满足不同应用要求的视图,从而提供了对新信息的访问功能。②既对异构、分布的呈孤岛状的信息源进行集成,也要保持各孤岛的相对自治性。所以,集成的数据模型,不仅应具有丰富的语义功能,能够捕捉已有数据库之间的语义,而且必须具有较强的数据抽象机制。此外,考虑到以后有新的数据库加入系统中,该模型应具有可扩展性。针对 CIMS 环境下的信息集成模型的特殊要求,并考虑到传统关系模型及语义模型的不足之处,采用面向对象的数据模型(OODM)是明智之举^[1,2,4,5]。在 CIMS 环境中,OODM 的特点有:①OODM 不但支持数据库系统,而且支持非数据库系统,如文件系统等;②OODM 根据本身所支持的操作,允许定义非数据库系统的概念模式;③OODM 模型语义丰富,支持抽象机制,它不但能表达本地数据库的语义,而且能表达与模式集成相关的附加语义;④OODM 是可扩充的,允许定义新的类型和操作;⑤OODM 模型将数据的静态结构和动态行为集为一体予以封装,外界只能通过消息访问数据信息。

3 信息集成技术的进展

在过去二十多年中,制造业花费巨资使用信息技术自动化产品生命周期中各种过程,这种需求很自然地加速了计算机辅助设计、制造、工程以及计算机集成制造(CAD/CAM/CAE/CIM)市场的繁荣,然而这种倾向又导致了被称为“自动化岛(Islands of automation)”的现象,一直困扰着制造业。它表现为以下特征:①由不同组织支持开发的用于工程设计和最终产品的计算机系统具有互不兼容性;②使用工程物料单(EBOM)和制造物料单(MBOM)只能获得产品结构的分散信息;③短期内产生的产品设计数据的大量信息使得手工控制这些信息即使有可能但却相当困难。④各种不兼容系统之间转换器数量的激增导致维护问题。这种现象导致的结果是,对遗留系统维护费用的上升构成了典型制造业公司的信息系统(Information System, IS)开销。同时这些 IS 开销焦点已经从需求新的或更高级的工具(如, CAD/CAM/CAE/CIM)变换到管理由这类存在工具产生的数据集。从 80 年代中期开始,出现了工程数据管理(Engineering Data Management, EDM)应用, EDM 的一个共同目的就是把配置管理提供给工厂数据集,由此在各“自动化岛”之间

建立了桥梁。这里配置管理是一种用来定义产品工程数据的元素的严格方法,以达到控制元素的变化、跟踪变化的目的。EDM 开始是作为一个功能集合存在于 CAD/CAM/CAE 工具集中,但是,由于仅使用在相同应用中 CAD/CAM/CAE 产生的信息,这种特性限制了它的应用范围。因而,出现了产品数据管理(Product Data Management, PDM),以便通过允许几乎任何类型数据集的配置管理来缓和这种限制。然而,这些应用需要有数据集属性的备份输入和存储。例如,描述了数据集的某种特性的管理数据等。所以, EDM/PDM 又需要一种新的方法来克服这些缺点,这种新的方法就是产品信息管理(Product Information Management, PIM)。下面分别详细讨论 EDM、PDM 和 PIM 的概念、功能和系统构架。

3.1 工程数据管理

工程数据管理是计算机集成制造系统的基础^[1]。然而利用传统的数据库(包括目前占主导地位的关系型数据库)不能满足工程应用的需要,因为:①工程数据的类型具有多样性,不仅有简单数据类型,而且有复杂数据类型,如矩阵、集合等,不仅有结构化的数据,而且有非结构化的图形数据等。因此要求工程数据库管理 EDBM 具有很强的数据类型定义机制,使设计者能够定义新的数据类型、修改和重定义已有的数据结构;②工程设计是一个不断变化的动态过程,不仅数据不断变化,各设计对象之间的关系可以改变,而且设计者自身结构也可能改变,因此, EDBM 应具有灵活定义和修改模式的能力。面向对象技术是解决传统数据库不足的有力手段。考虑到现有的商品化关系数据库已比较成熟且具有坚实的理论基础,由此可以对这类传统的关系型数据库进行面向对象的扩充,在 ORACLE 数据库之上添上一个面向对象层^[3],如图 1(b)所示。也就是通过应用层和数据库管理系统之间加入一层面向对象的接口(OO 接口),使用户可以按面向对象的思想进行分析、设计、修改、删除数据库的结构等。另一方面,可以考虑重新开发面向对象的数据库(OODB)。图 1(c)表示基于面向对象数据库管理系统(OODBMS)的工程数据管理系统。通过这种办法可以彻底解决数据类型复杂和数据库的分布、异构等问题。

3.2 产品数据管理(PDM)

产品数据管理是最近几年获得迅速发展的一项技术^[7]。PDM 可以定义成以软件为基础,实现对所有与产品有关的信息、过程和资源的集成管理技术。信息是指任何与产品相关联的数据,如 CAD 文件、BOM、产品配置等;过程是指工作流程、加工工序等;资源是指人、资金、设备等。PDM 系统的主要功能主要包括 6 个方面:数据管理、产品结构及产品配置管理、变化管理、

工作流和过程管理、配置管理和应用封装与集成, PDM 系统应当是一个具有良好集成能力的开放系统。所谓开放性主要表现在:可移植性、可扩展性、可剪裁性和易用性4个方面。多数商品化 PDM 系统建立在传统的关系数据库管理之上,面向对象数据库管理系统的发展为构造新一代具有良好扩展性的 PDM 系统提供了基础。面向对象技术在 PDM 领域的应用,包括将面向对象数据库作为底层支持、面向对象的 PDM 系统结构、面向对象的产品数据定义,使 PDM 系统与其它系统的集成更具有开放性,从而提高 PDM 产品的集成能力。

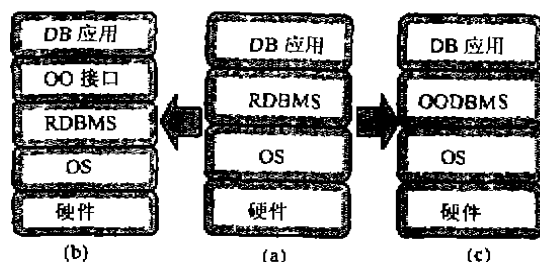


图1 (a)基于 ORACLE 的工程数据库
(b)传统数据库的面向对象扩充
(c)基于 OODBMS 的工程数据库

PDM 系统的构造模型如图2,它由两个部分组成,即应用框架和数据框架。其中应用框架分为:基础层、支持层和应用层三层。基础层:提供网络传输功能和在此基础上的分布式、客户机/服务器计算能力。支持层:一方面基于基础层向应用层提供统一的数据实体访问接口,另一方面向应用层提供各种系统服务机制和服务框架。应用层:PDM 系统的各个应用模块,主要包括系统配置、数据管理、工作流和过程管理、邮件系统、应用集成、用户定制和数据转换接口等。对应于应用框架,数据框架也分为3层,它为相应的应用模型层提供相应的数据基础。基础层:提供 PDM 系统的电子数据仓库。支持层:提供 PDM 系统的全局数据模型。应用框架的支持层通过对数据模型的访问,实现上层应用系统与实际数据存储无关的访问。应用层:应用层是面向具体应用和外部数据交换的,它通过对各应用视图和转换接口的访问,实现 PDM 系统和外部应用的集成和数据互换。

3.3 产品信息管理(PIM)

在传统的 product 生命周期中,PIM 提供的功能基本上与典型的 EDM/PDM 相同,即主要是:事务需求、数据管理、变化管理、技术方法(文件集成和工具集成)、工作流和过程管理、配置管理和应用封装与集成。一个

新型的 PIM 系统必须具有一个开放系统的特征,以便验证一个虚拟企业长期的 IS 投资^[10]。PIM 的系统构架如图3所示。它由两个基本部分组成:应用框架和数据框架,这种表示更注重功能、界面、标准和结构,而不是产品,应用构架考虑在 PIM 中应用的设计和构造以及建立这些应用的设计的构造,它包括三个层次:①应用层提供给 PIM 系统用户的是实际功能、一致的友好的用户界面。该层有三个构件,即环境管理器、应用功能元素和应用服务元素。②系统服务层提供了一种对分布式网络层访问的功能,这类访问是通过一致的界面按位置独立方式进行的。③网络层提供了基本计算和通讯服务功能。在建立一个完全的 PIM 体系结构框架时,数据构架是对应用构架的一种补充。它包括三个层次:①应用层表示用户在使用某个特定应用时对数据的观察。包含在该层中的数据模型被称为是应用数据模型,多个应用可以分享共同的应用数据模型。②概念层表示对整个企业的 PIM 数据的共同观察,因此,它提供了一种对所有数据的单个的、一致的定义和描述,这些数据需要在 PIM 系统的应用之间共享。③物理层表示数据库管理员对数据的观察,这些数据被物理地存放在遍布整个网络的多个数据存储设备之中。

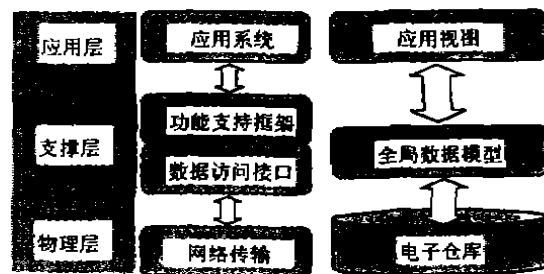


图2 PDM 系统构架

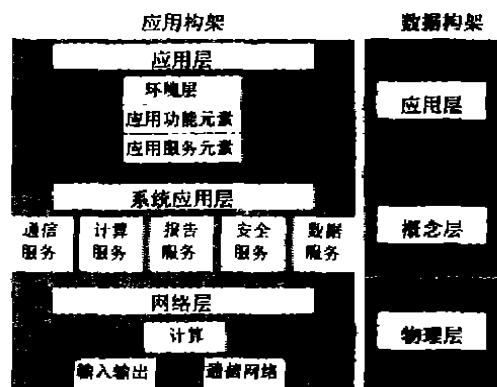


图3 PIM 系统构架

4 信息集成体系结构

4.1 模式结构

传统的三级模式结构适于表示集中式数据库,而不适于描述异构的分布信息系统(如图4),因此,为了支持异构、分布而又自治的数据源,必须扩充传统的三级模式结构,这里介绍一种基于本地模式、本地对象模式、全局对象模式和全局视图的四级模式结构^[4],如图5。①本地模式:相当于本地数据库的外模式;②本地对象模式:由本地模式经本地转换器转换得到,该模式以面向对象的模型作为数据模型,使不同的本地模式统一采用相同模型表达,这是信息集成的第一步;③全局对象模式:该模式是在各个本地对象模式的基础上,经过各种处理过程(消除冗余等)而得到的一个统一的全局模式,以面向对象的数据模型为基础,相当于集中型数据库的概念模式,具有分布透明性,这是信息集成的第二步,也是最关键的和复杂的一步。④全局视图:全局视图相当于集中型数据库的外模式,只不过是全局对象的外部模式,满足不同用户和不同应用的要求。

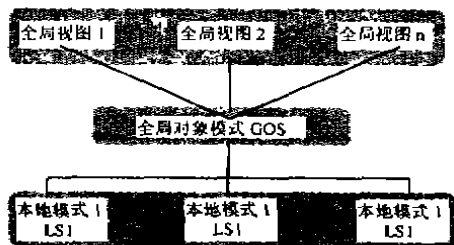


图4 三层模式结构

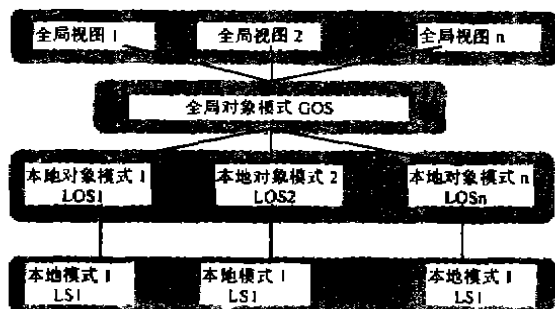


图5 四层模式结构

4.2 体系结构

尽管整个工厂待集成的数据/信息是复杂的,分类方法又是多种多样的,但按信息集成为目的,可将数据分为三类:①私有数据:是指仅为某个子系统处理、操

纵的数据;②保护数据:这类数据为分系统内各个子系统之间所交换与共享,在分系统内进行传递、交换、操纵等;③公有数据:这类数据为各分系统所共享,在CIMS的各分系统之间传递、交换和操作等。

另一方面,我们也希望已有的信息管理系统(IMS),未来购买的或开发的信息管理系统都能很好地嵌入CIMS环境。可见,要实现全厂的CIMS信息集成管理系统不能是一个集中式的单一的信息管理系统,它的体系结构应该以面向对象的方法学所具有的模块性、封装性、易维护性和可扩展性为指导思想。为此,我们建议使用以下基于四层模式的信息集成体系结构,如图6所示,它主要由基本信息管理系统、局部信息管理系统和主信息管理系统组成,其中:①基本信息管理系统,它可以是已有的数据管理系统或新购置(开发)或待购置(开发)的数据管理系统;可以是数据库系统或文件系统或其他。它主要完成对数据的存储、管理、操作,当它要求查询、操作局部或全局数据时,需要向Domain-IMS申请,在Main-IMS和Domain-IMS的支持下实现局部和全局数据的操作。每个已有的基本数据管理系统或新增的基本数据管理系统都需要有一个和其Domain-IMS之间的接口。②局部信息管理系统:它是面向对象的信息管理系统(OOIMS),完成对局部信息的管理,同时也可完成知识处理,它是按面向对象的规范设计实现的信息管理系统,因而具有良好的开放性、可扩展性,也是实现全局信息操纵的纽带。③主信息管理系统:其类型与局部信息管理系统相同,完成公有信息的管理。

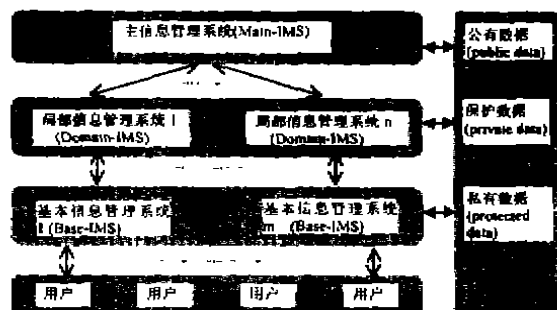


图6 信息集成的体系结构

参考文献

- 1 王拓,王伟.CIMS的数据集成.计算机研究与发展,1994,31(1):63~65
- 2 刘一鄂,李隆江.CIMS环境下的工程数据管理.计算机研究与发展,1992,29(6):28~32 (下转第72页)

其语义的复杂性也有所降低。

·以网络为中心的对象计算环境的另一特点是流动性。现在的 Internet 网上每时每刻都有无数的信息在传送。Java 将接口中的方法与其实现分离,并且在运行时动态地装载被引用的类,这种措施在一定程度上有利于资源的流动性和安全性。

上述继承机制的特征正是以网络为中心的对象计算环境的特点所要求的。一个接口对应多个实现同时也使得这种继承机制的开放性得以提高。

Java 中接口继承的这种语义是以网络为中心的对象计算所需要的。同时,为了贯彻 OO 的概念,实现继承同样必不可少。总之,以网络为中心的对象计算中的继承机制应该是集成接口继承和实现继承两者的多元化开放继承体系。

5. 多元化开放继承体系

由于以网络为中心的环境的高度动态性,多元化开放继承体系的首要任务是保持网络中资源的一致性。在实现继承和接口继承的类层次中,当类或接口被改变,或者它们的继承关系被改变时,所有引用实现它们的类也应该改变以保持一致性。

·假设在网络协同开放过程中,一个节点上的类实现另一个节点上的接口。接口中方法的改变(如增加或删除方法)应该为 Web 服务器所知道。于是,服务器发出通知给实现接口的类所在的节点,有关的实现被更新。在这个过程中,Web 服务器是软件开放的协调者和管理者。

·在运行时也有类似的情况发生。Java 中的类装载器(classloader)可以动态地装入更新后的类。实际上,类装载器完成此功能有赖于 Web 服务器的帮助。只是当接口被修改时处理要更困难,因为方法的实现并不在接口中,而是在实现它的类中。这就要求类装载器和 Web 服务器有更强大的功能。Web 服务器的位置如图3所示。

总之,在 Web 服务器的协调之下,多元化开放继

承体系能更好地适应以网络为中心的环境。以网络为中心的对象计算中的多元化开放继承体系仍然存在一些问题,因为其高度的流动性和动态性,管理就显得非常重要。如何管理流动的资源就直接影响到网络的可控性和有效性。

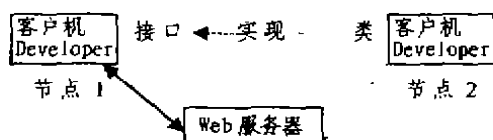


图3 多元化开放继承体系

参考文献

- Jeffery, et al. Components on the Internet. OOPSLA'96 Panel, ACM SIGPLAN Notices, 1996, 31(10)
- Taivalsaari A. On the Notion of Inheritance. ACM Computing Surveys, 1995, 28(3)
- Wegner P. Dimensions of Object-Based Language Design. ACM SIGPLAN Notices, 1987, 22(12)
- Touretzky D S. The Mathematics of Inheritance Systems. Morgan Kaufmann Pub. 1986
- Lieberman H. Using Prototypical Objects to Implement Shared Behavior in Object Oriented Systems. OOPSLA'86 Proc., ACM SIGPLAN Notices, 1986, 21(11)
- 刘西洋. 异构分布环境下继承机制的研究. [西安电子科技大学硕士学位论文]. 1995
- GTE Lab. ANSI X3117 Object Model Features Matrix. Inheritance and Delegation
- Dvorak J. Conceptual Entropy and Its Effect on Class Hierarchies. IEEE Computer, 1994, 27(6)
- Object Management Group. CORBA 2.0-Interoperability-Universal Networked Objects. March 20, 1995, OMG TC Document 95, 3. xx
- Sessims R, Coskun N. Object-Oriented Programming in OS/2 2.0 Using SOM. The Personal Systems Developer, IBM, Winter 1992
- pdmc.com
- Deen S M, Amin R R, Taylor M C. Data integration in distributed database. IEEE Trans Software Eng, 1987, SE-13(7): 860~864
- Bertino E, et al. Integration of heterogeneous database application through an object-oriented interface. Inform Syst, 1989, 14(5): 407~420
- Tsao S S. An overview of product information management. <http://www.pdmc.com>
- 韩鑫, 王建民, 孙家广. 产品数据管理系统的构造框架和实现方法. 软件学报, 1999, 9(12): 881~883

(上接第56页)

- 张云涛, 龚玲, 周伯鑫. 语义网络在开发工程数据库管理系统 CIMS/EDBMS 中的应用. 计算机研究与发展, 1997, 34(8): 616~620
- 卢昭泉, 陈德人, 谭孟恩. CIMS 环境下基于对象的信息集成框架. 计算机研究与发展, 1998, 35(5): 436~441
- 陈彦, 樊惠娟, 王能斌. 分布对象技术综述. 计算机科学, 1997, 24(3): 11~16
- Otte R, Patrick P, Roy M. Understanding CORBA. Prentice Hall, 1996
- Understanding Product Data Management. <http://www>