

基于工作流的 CIMS 应用集成支持系统研究*

范玉顺, 吴澄

清华大学自动化系, 北京 100084

摘要:先进制造业模式要求企业不但要实现信息集成, 而且要实现过程集成。基于 workflow 技术和分布对象技术, 本文设计了一个能够有效实现企业信息集成与过程集成的集成支持系统。给出了其系统体系结构和软件系统结构, 在此基础上, 进一步研究了其信息集成机制和过程集成机制。本文的工作为企业快速高效的实施 CIMS 应用集成提供了一个新的思路。

关键词:过程集成, workflow 管理, 分布对象技术, 集成机制

1. 引言

实施 CIMS 的关键在于集成, 集成首先是信息集成。信息集成解决了由于信息不共享而造成企业决策困难、库存量大等问题, 提高了企业的现代化管理水平和整体经济效益。我国许多实施 CIMS 的企业通过信息集成已经取得了显著的经济效益。

市场竞争的日益激烈, 要求企业不断提高它的 T、Q、C、S 水平, 制造业的生产模式也在从传统的大批量生产向多品种、小批量的生产方式转化。单纯的信息集成已经不能满足企业为适应市场竞争的需求。从并行工程、经营过程重组、敏捷制造等先进制造模式对 CIMS 应用支持系统的需求中可以清楚地认识到企业的 CIMS 集成必须由信息集成向过程集成和企业间集成方向发展。

所谓过程集成是指利用计算机集成支持软件工具高效、实时的实现 CIMS 应用间的数据、资源的共享和应用间的协同工作, 将一个个孤立的应用集成起来形成一个协调的企业 CIMS 运行系统。实现过程集成后, 就可以方便的协调各种企业功能, 把人和资源、资金及应用合理的组织在一起, 获得最佳的运行效益。这样, 企业就使客户处于主动地位, 可以按照客户的需求制订过程, 再按照过程来组织功能和工作组。另外, 过程集成实现了应用逻辑与过程逻辑的分离, 过程建模与具体数据、功能的分离, 这样就可以在不修改具体功能的情况下, 通过修改过程模型来完成系统功能的改变, 从而大大提高企业的灵活性和对市场的反应能力。

从企业实施 CIMS 的经验总结可以知道, 快速高效的实施企业 CIMS 需要有先进的集成支持工具系统, 集成平台与集成框架是^[1, 2]是有效的支持 CIMS 应用间信息集成的工具系统。集成平台与集成框架系统的产生使得应用软件的开发方式较传统方式发生了很大变化, 也使得应用系统维护和扩展的难度及费用大为减少。应用集成平台可以方便的实现应用间的透明信息交换, 使得在异构分布环境下的应用软件可以通过该接口集成到平台上。

至今为止, 还没有一个比较完善的支持企业 CIMS 信息集成与过程集成的软件支持系统。目前的集成平台与集成框架系统还不能实现对过程集成的有效支持。虽然市场上有比较成熟的群件、PDM、ERP 产品 (如 Lotus Notes、IMAN、SAP), 但是它们相对来说存在覆盖范围小, 支持与其它应用软件, 尤其是跨领域的应用软件集成能力弱等问题, 因此还不能够成为支持全企业的应用集成支持系统。目前日益成熟的工作流管理技术与 CORBA (公共对象请求代理体系) 技术为建立支持全企业的应用集成支持系统提供了良好的基础, 使得设计和开发能够支持应用间信息集成与过程集成的软件系统成为可能。

结合集成平台技术、工作流管理技术和分布对象技术, 本文提出了一种能够实现 CIMS

* 863/CIMS 主题资助项目

重要的任务是完成人机交互和应用的执行。

图 1 workflow管理系统的体系结构图

虽然 workflow 管理系统为 CIMS 应用集成提供了良好的基础,但是为了实现对 企业实施 CIMS 的支持,目前市场上现有的 workflow 管理系统在功能还远远不够。这主要反映在: 1) 现有的 workflow 管理系统基本上是一个任务管理系统,它主要实现按照一定的流程对任务进行管理和活动间控制流的导航,对于 CIMS 中需要实现的信息集成和数据管理的支持能力弱,尤其是缺乏信息集成机制和企业信息模型管理功能; 2) 目前的 workflow 管理系统在支持异构分布应用上能力不足,尤其是应用集成和应用封装能力不足; 3) 对于企业 CIMS 环境下分布应用的管理和监控能力不足,目前的 workflow 管理系统在企业组织模型上提供了一定的建模和管理能力,但是在资源模型管理能力上与企业实际应用需求差别较大,对于不是由 workflow 管理系统直接启动的应用则没有任何管理能力(缺乏用户管理、软件管理、配置管理、权限管理等功能)。

为了解决以上指出的 workflow 管理系统在支持 CIMS 应用集成方面存在的不足,需要从 workflow 模型的定义到模型的执行、分布式 workflow 机的实现等方面扩展现有 workflow 管理系统的功能,在模型定义上,本文提出了一种扩展的 workflow 模型如图 2 所示。

扩展的 workflow 模型由 4 部分组成,它们分别是过程模型、组织模型、资源模型以及 workflow 相关数据。过程模型用来定义 workflow 的过程逻辑,它包括组成 workflow 的所有活动以及活动之间的依赖关系。它是整个 workflow 模型的基础与核心,其他模型均为其提供支持。组织模型用来定义企业人员的组织结构,它包括几种不同形式的组织元素以及每种组织元素内部的递阶层次关系。组织模型的主要任务是为企业人员执行 workflow 提供柔性的组织定义,为过程模型提供“人”的支持。资源模型用来定义企业资源的组织结构,它包括几种不同形式的资源容器元素以及容器内部的递阶层次关系,直至最终的原子级资源个体。资源模型的主要任务是为企业人员执行 workflow 提供“物”的支持。workflow 相关数据用来定义 workflow 执行过程中需要用到的数据,它包括简单的数据类型与复杂的企业对象。它主要用于各种条件的判断,以实现 workflow 机对不同活动的选择性路由。workflow 相关数据为 workflow 的执行提供了“信息”的支持。

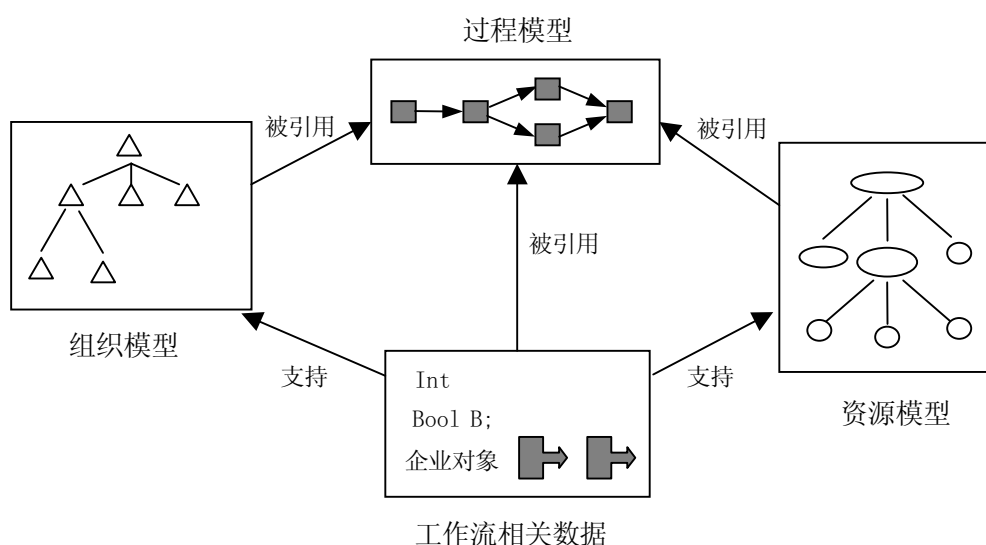


图 2 扩展的 workflow 模型的组成

在过程模型的定义中, 本文还引入了以下几个扩展的模型元素的定义:

- 1) 数据流连接弧: 解决在实际的集成运行环境中应用之间的控制流与数据流不一致的问题, 为应用间实现信息集成提供必要的支持;
- 2) 逻辑节点: 逻辑节点并不代表真正需要执行的活动, 它是为了表示任务节点的逻辑关系而设立的。在一个工作流过程中, 活动间的逻辑关系并不仅仅是串行的顺序关系, 还有可能出现较为复杂的“与”、“或”关系组合, 它们是串行、与分支(并行)、与连接、或分支、或连接、反复。为支持逻辑关系的表达, 我们引入了相应的逻辑节点来完成这一功能。
- 3) 状态: “状态”这一概念原本应属于工作流执行时段的概念范畴, 在建模时段就明确地提出它, 主要是为了解决活动网络模型在状态表达方面的能力欠缺问题。与基于状态的过程模型(如 Petri 网)相比, 活动网络图隐去了节点的部分可见状态, 从而造成模型语义上的模糊, 使过程模型的表达能力不足。因此, 在活动网络图中明确“状态”, 建立一种与显式逻辑表达相辅助的隐式表达方式, 可有助于提高扩展工作流模型适应复杂企业流程的能力。

在以上扩展的工作流模型的基础上和CORBA软件的支持下, 采用分布式的工作流执行系统可以良好的实现应用集成。由于采用的是分布工作流机实现方式, 在完成工作流过程的定义后, 需要按照每个工作流机管理的范围对过程模型进行合理分割, 然后分别把各个部分传递给相关的执行工作流机, 使每个执行工作流机都保留一部分自己管辖范围内的工作流活动定义, 使每个执行工作流机自身都具备自主执行的能力。

企业可以根据自身的实际情况, 按照部门和应用领域来配置执行工作流机, 这种配置在建模时体现在对每一个基本活动领域属性的定义上, 建模时定义了不同的领域属性, 在运行时就意味着将由不同的执行工作流机来负责管理、执行。系统中还设置一个主控工作流机, 记录各个执行工作流机的配置情况, 并对执行工作流机的状态进行监控, 同时负责生成工作流过程实例, 并执行管理功能。

图 3 给出了分布式工作流执行服务的软件功能结构图。

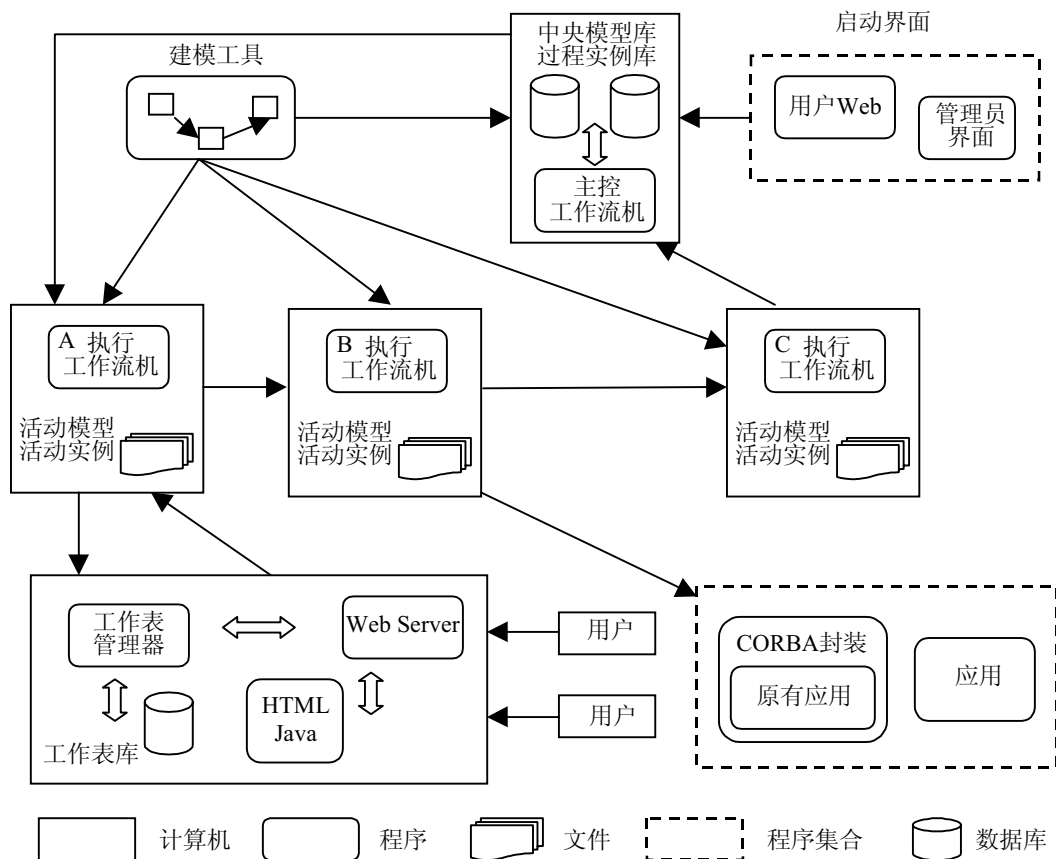


图3 分布式工作流机

在上述分布式工作流管理系统的基础上，加上基于 CORBA 的透明的信息服务、系统管理功能和集成封装接口便可以实现一个良好的 CIMS 应用集成支持系统。

4. 基于工作流的 CIMS 应用集成支持系统体系结构

图4给出了基于工作流和CORBA的CIMS应用集成支持系统的体系结构。图5给出了CIMS应用集成系统软件结构。

从图3和图4可以看出，CIMS应用集成支持系统由以下几个部分组成：

- 1) CORBA 支撑软件：屏蔽操作系统的异构性和分布对象的位置，实现透明的分布对象服务功能；
- 2) 公共对象服务：这是由 CORBA 软件提供的通用的对象服务；
- 3) 信息服务：在公共对象服务基础上开发的专用服务，实现应用间透明的信息访问服务；
- 4) 工作流建模工具：建立应用集成的过程模型，根据企业过程模型和应用组件业务对象，实现灵活的软件系统配置，从而实现灵活快速的企业经营过程重组；
- 5) 工作流执行服务：在分布式工作流机的支持下，按照过程模型的定义，通过调用相应的应用软件或业务对象推进企业的经营过程的运行；
- 6) 管理工具集：实现对企业运行过程的监控，资源、组织模型和业务对象的管理，并且根据用户和应用执行的需要动态的创建过程模型并提交工作流执行服务执行；
- 7) 业务对象：这是按照组件方式建立的企业业务对象，它包括了一定的功能和相应的数据，可以根据应用过程的需要进行灵活的配置以完成一定的企业业务功能；
- 8) 现有应用软件系统：这些系统一般不是按照组件方式构建的，因此它们需要通过对象适配器进行封装集成。

以上介绍的各部分之间采用分布对象服务的方式进行集成运行，整个系统的运行核心是
 workflow 执行服务，其它部分都是围绕 workflow 执行服务提供的辅助功能和服务。

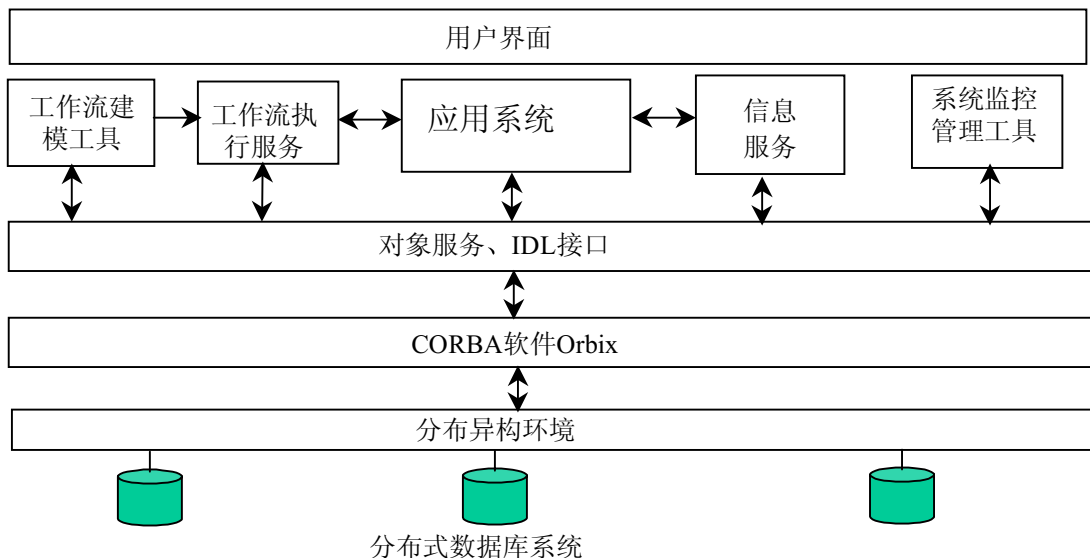


图4 CIMS应用集成支持系统体系结构

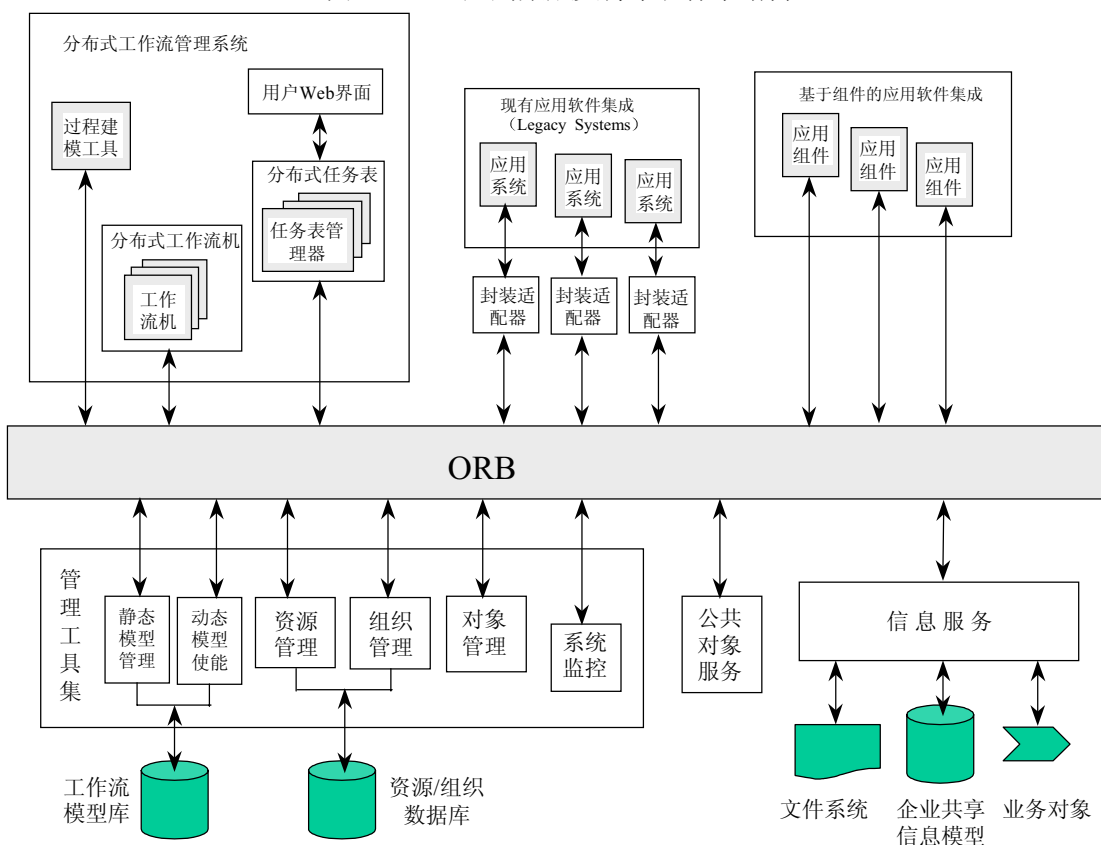


图5 CIMS应用集成系统软件结构

5. 信息集成与应用集成机制

在 CORBA 支持环境下，实现应用间的信息集成相对比较容易。如果应用之间传递的信息
 比较简单，如一个文档文件，这些传递的信息通常可以作为活动的输入、输出信息，通过工

作流执行服务的活动调用过程或通过数据流连接弧完成传递。如果应用间传递的信息比较复杂, 可以根据应用间需要进行集成的信息要求, 采用 CORBA 提供的分布对象操作方式, 建立一组信息对象并定义它们对外提供的操作接口。2 个应用之间的对象操作接口的功能无非是读、写信息对象, 信息对象和数据库之间的接口由 CORBA 的公共对象服务完成, 信息对象和组件对象之间的接口可以在定义组件对象(业务对象)时完成定义, 信息对象和已有应用之间的接口在进行已有应用封装时进行定义。

应用集成机制可以从 2 个角度进行探讨, 从用户角度和工作流执行的角度。从 workflow 执行角度, 本文提出的集成支持系统可以采用如下几种方式向用户提供不同层次上的应用集成功能:

- 1) 激活式: 这是最简单意义上的集成, 用户给出应用的可执行文件名(包括指定路径、输入文件名、输出文件名等), 由 workflow 机直接调用执行。当应用被激活以后, workflow 机就不再对它进行控制了。这种方式无需对应用程序进行包装(Wrap), 只是一种命令行的执行方式;
- 2) API 式: 这种方式要求被集成的应用提供一定形式的、可被调用的 API 函数, 集成方的程序通过调用这些 API 函数来控制应用程序的启动、相关的执行操作、以及最后的退出。比如, 利用 Microsoft 提出的 MAPI 来实现邮件的收发操作;
- 3) 控件式 (OLE、ActiveX 方式): 这种方式的集成主要适于常见的桌面应用 (Windows 下) 间的互操作, 比如 Office 内部组件间的嵌入。这种方式实现起来比较灵活, 可以利用已有的控件, 也可以自己用不同的方法来定制, 如 VB、VC 等。这也是一种对象封装的方法, 继承了面向对象的许多优点;
- 4) 包装式 (CORBA 方式): 这种方式是把要集成的应用封装成 CORBA 对象, 集成方的程序通过调用封装后的 CORBA 对象所提供的方法对应用程序的有关操作进行控制。这种方式将继承 CORBA 的许多优点, 如语言无关性等, 但其实现过程也最为复杂, 需要第三方 CORBA 产品的支持。

下图给出了 4 种集成方式各自的调用层次结构:

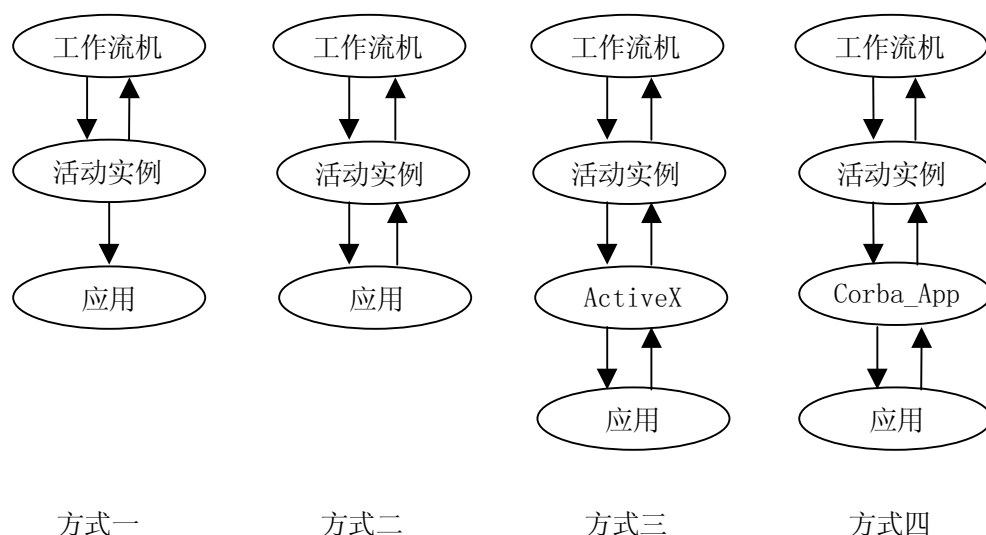


图 6 CIMS 应用集成机制

从用户的角度看, 应用集成可以在本文提出的动态创建工作流功能的基础上采用以下几种方式完成:

- 1) 直接定义: 用户可以通过 workflow 建模工具定义一个过程模型, 在过程模型中确定应用的集成和控制逻辑, 然后提交 workflow 机执行;
- 2) 嵌入式: 用户定义一个过程模型, 并将这个过程作为一个执行函数嵌入某个应用中, 在应用执行到这个函数时, workflow 机自动完成这个过程模型的执行, 实现嵌入式的过程集成;
- 3) 对话式: 由用户定义一个宏过程, 在宏过程的每个步骤中都给出一组可供选择的应用, 用户控制整个宏过程的执行, 并在每个步骤中选择一个或多个应用提交 workflow 机去执行, 并返回执行的结果。如果不是本地 workflow 机管理的应用, 则通过由本地 workflow 机负责向其它 workflow 机提交请求的方式完成应用的执行。

在这里需要指出的是, 这里所指的应用集成支持系统并不禁止用户不通过 workflow 机执行他希望执行的应用。用户可以在本集成支持系统环境下执行应用 (用户需要登录到应用集成支持系统, 并且所执行的应用已经封装到应用集成支持系统界面中), 用户也可以在集成支持系统环境外执行应用软件, 但是在集成支持系统环境外执行的应用不能得到相应的信息服务和 workflow 服务功能。

5. 结论

根据企业对 CIMS 应用集成的需求, 以 workflow 技术为核心, CORBA 技术为支撑, 结合集成平台和软构件技术, 本文提出了一个 CIMS 实施的集成支持系统。给出了其系统体系结构和集成机制。但是要真正能够满足本文第 2 节提出的企业对集成支持系统的应用需求, 还有非常多的工作需要进一步深入的研究。首先, 关于企业业务对象 (软构件) 的建立就是一个非常复杂的问题, 软构件的功能和统一规范的接口定义需要在深入了解企业业务过程和数据结构的基础上进行确定, 只有在建立了统一规范的软构件接口定义的基础上, 才有可能真正实现灵活的系统配置和企业经营过程重组。

另外, 有关分布式 workflow 机之间的协调问题和可靠性问题也需要进一步深入的研究, 而且关于分布式 workflow 机的任务调度、资源和系统运行优化等也是重要的问题, 良好的任务、资源优化调度可以大大提高整个企业运行系统的效率和性能。

定义并以 4GL 的方式为用户提供应用封装工具也是需要深入研究的一个重要方面。由于应用软件完成的功能差异较大, 不可能设计出一个能满足所有应用封装的支持工具, 比较可行的方法是针对不同的应用领域 (如 MRPII、CAD、办公自动化) 的一类应用软件分别开发适用于它们的应用封装工具。

参考文献

- [1] 范玉顺, 吴澄, 俞盘祥. “面向制造业的 CIMS 应用集成平台”, 《清华大学学报》, Vol. 38, No. 3, 1998, pp. 104-107
- [2] 863/CIMS 集成框架可行性研究课题组. “863/CIMS 集成框架可行性研究报告”, 技术报告. 北京, 1995 年 4 月
- [3] Workflow Management Coalition. “The Workflow Reference Model”, [WfMC1003], WFMC TC00-1003, 1994
- [4] Otte R., Patrick P., Roy M. “Understanding CORBA- the Common Object Request Broker Architecture”. Prentice Hall, New York. 1996.
- [5] Mohan C. “Recent Trends in Workflow Management Products, Standards and Research”, Available at: URL: <http://www.almaden.ibm.com/u/mohan/wfnato97.ps>

Research of CIMS Application Integration Support System Based on Workflow

Fan Yushun Wu Cheng

Dept. Of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084

Abstract: To implement advanced manufacturing technologies in enterprises, it is necessary to realize information integration as well as process integration. Based on workflow management and distributed object technology, an integration support system that is used to support information integration and process integration is designed. The system architecture and software structure are presented. On this basis, the information and process integration mechanisms are discussed. The results of the paper put forward a new concept for rapid and efficient integration in CIMS implementation.

Key words: Process integration, Workflow management, Distributed object technology, Integration mechanism