计算机科学 1999Vol. 26№. 2

柔性软件系统的概念、方法与实践

Concept, Method and Practice of Flexible Software Sytsem

曹军威　范玉顺

（清华大学 CIMS 工程研究中心　北京 100084）

Abstract　In this paper, the concepts of Flexible Software System are proposed. The architecture model of Flexible Software System is studied, which is composed with agent_based software support system and component_based application software system, and the feasible engineering method of Flexible Software System named "BPRO" is given. Then as a typical kind of Flexible Software System, the research on CIMS Application Integration Platform is introduced. At last it is illustrated that Flexible Software System is fit for the development tendency of software system and has great application value.

Keywords　Flexible software system, System architecture, Software engineering approach, CIMS application integration platform

一、引言

随着计算机网络与信息技术的飞速发展，对应用软件系统的需求不断增加，表现在：软件系统复杂程度的增长将成为必然趋势；软件系统适应环境变化的灵活性要求将不断增加；数据和应用的动态与分布性的增强也要求软件不仅有被动地响应信息需求的能力，而且能以一定程度的智能，主动地预测、适应乃至积极地寻找途径以支持用户需要，这就要求各个系统的软件能自动地合作以完成更加复杂的功能；目前大约有一千亿条编码程序在世界上运行，许多功能被写过上千次，从以前已经很完善的高质量的软件模块构建新的软件系统无疑会大量减少冗余的时间和经费上的开销，同时还能提高系统性能，因此必将成为未来软件工程发展的主流。

传统的具有严格逻辑关系的层次化的应用软件系统不能适应环境变化的加剧对软件灵活性的要求，同时传统的结构化的系统分析与设计方法随着软件复杂程度的增加，对于指导和支持灵活性要求更高的软件开发也表现出越来越多的不适应。

从八十年代开始涌现出并逐渐发展起来了许多面向新需求的应用软件技术与方法，如面向对象技术、软件代理(Software Agent)、软件重用等，目前为止所作出的诸多应用上的尝试是相当有益的，其中许多基本思想也必将在更加宽广的领域中得到广泛的应用。但还应看到这些技术尚处于不断发展与成熟阶段，许多概念和定义远未定论，更谈不上相应基础理论体系的建立。

在实际应用中面向新需求需要综合各项技术、系统化的工程方法作指导，柔性软件系统的概念和方法就是在这种情况下提出的，并在 CIMS 应用集成平台原型系统的软件开发过程的实践中得到进一步的丰富和发展。

二、柔性软件系统基本概念

柔性软件系统(FSS)是在一定范围内能够满足和适应不断变化的环境和需求的软件系统。柔性软件系统大致可划分为应用系统和支撑系统，当然两方面是紧密联系的。应用系统按照一定的关系将功能模块组织在一起，完成软件系统的应用功能；支撑系统用于为应用系统提供底层的通信和信息等方面的服务。

1. 基于软件代理的软件支撑系统

进入九十年代软件代理的研究迅猛发展，出现了多种代理类型，各种各样的应用及方法的出现是软件代理成为潮流的重要标志。目前能为许多软件代理研究人员接受的定义是：软件代理是一个能在特定环境下连续、自治地实现功能并同时与相关代

理和进程相联系的软件实体[1]。

目前的软件大多数处于分离状态，或者只能在一些基本方面进行通信和合作，而柔性软件系统将是运行于多种异构硬件平台上的分布软件系统，高层次的软件间互操作要求支持描述各系统能力的知识，以保证任务规划、资源分配、执行、监听以及可能的干预等在系统间得以实现。软件代理的实现便可以起到这样的作用，它可以在高层次上对用户意图而不是具体实现加以反映，对底层基本通信原型进行封装的同时还可提供规划层等高层次的封装。基于软件代理的支撑系统为协调应用系统的组件间互操作具有以下结构特点：

1)多个代理对等分布。代理与代理之间无严格的逻辑关系，可对本地应用提供底层上的基本通信服务，还能在高层次上对用户意图加以反映，包括与远地代理相协作以满足本地应用的需要。对等松散式的整体结构为软件柔性的实现提供了基础，同时代价是单个代理内部严格层次化的单元结构和动态联接时的网络费用的增加。

2)C/S 式动态联接。应用与代理之间、代理与代理之间均以 C/S 方式相联接，每个代理既可以做为客户端向其他代理发请求，也可以做为服务器向其他代理提供相应的服务。应用与代理之间、代理与代理之间均在发生请求与服务时动态地进行联接，迅速形成一定的逻辑关系并完成复杂的功能。

2. 基于软件组件的应用软件系统

1969 年在 NATO 会议上首次公开讨论了软件重用的概念，贝尔实验室的 Doug McIlroy 提出了基于编码重用的软件开发。进入 80 年代后软件重用的研究活跃起来[2]。

从可重用性出发，软件组件的概念被相应提了出来，它相当于硬件系统中的零件或元器件，相互关联的软件组件可以构成组件系统，而从应用需求出发通过组件系统重用组件便可得到相应的应用系统，在底层系统的支撑下，通过组件间的互操作以满足不同的应用需要，从而彻底改变具有严格的逻辑层次关系和相互联系的传统应用软件系统的刚性结构，来适应软件系统的灵活性与柔性方面的要求。

三、柔性软件系统工程方法

柔性软件系统是规模大、复杂度更高、更具实施风险的软件系统，实现一定的系统结构必须有相应的软件工程方法作指导和支持。柔性软件系统的软件工程的 BPRO 方法包括以下四个基本要点：

1. 软件经营(Business)的指导思想

把软件系统的开发看成一种经营行为是适应柔性软件系统开发的复杂性的具体表现，将复杂的软件系统划分成具有一定独立性的组件系统，以经济关系取代它们之间传统的工程项目的合作关系。软件开发组织本身也要以商业经营的概念进行运作，像其他的经营行为一样，要有明确的客户和经济目标，将更有助于软件工程的项目管理。

2. 软件工程的过程观念

经营过程建模的研究可以追溯到 80 年代初，由于竞争的压力，企业开始考虑更为有效和充分的资源利用方式。实践中人们开始发现过程控制的重要性，并不再将其简单地视为固定组织结构的从属物，将经营活动分解为一系列的过程，并对其进行分析、优化、评估和控制逐渐为研究者关注[3]。因此，在软件经营思想的指导下，把柔性软件系统的工程开发视为一种经营行为，就必须牢固树立过程观念，关注软件工程的经营过程模型。

3. 基于重用的软件系统的开发步骤

软件重用的基本概念是很简单的：开发适当规模的软件组件并重复使用它。“组件”的思想应不仅仅局限于编码上，它可以被扩展到需求定义、系统分析、软件设计和运行检测等各个过程，所有阶段的软件开发过程均应面向重用。

基于重用的软件工程包括三个基本过程(图 1)：组件系统工程过程完成组件系统的开发；应用系统工程过程实现组件系统的联接与功能实现；应用结构工程过程研究应用系统体系结构。同时每一过程都包含需求获取、需求分析、系统分析与设计、系统实现、检测等活动。

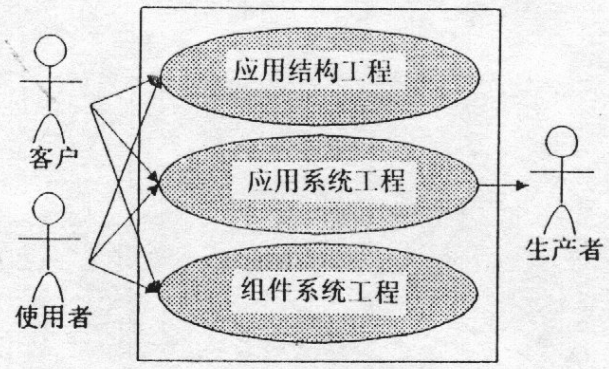

图 1　基于重用的软件工程基本过程

4. 面向对象的系统分析与设计

传统的结构化的分析与设计方法在系统复杂程度增加后会造成软件系统功能与实际系统需求之间

的偏差，这不但来源于子系统内分析、设计、实现以及检测等步骤转换带来的偏差，而且在于子系统之间由于对系统结构理解的不一致而导致的相互协调过程中出现的问题。采用面向对象技术，首先将系统体系统一在类结构上，消除了子系统结构各异造成的协调中的偏差；其次，软件重用的思想和面向对象的方法贯穿于系统分析、设计、实现以及检测等各个步骤，也最大限度地减少了步骤转换带来的软件系统的"失真"，使得软件系统的功能实现真正能够反映实际系统的需求。

四、CIMS 应用集成平台原型系统的研制与开发

计算机集成制造(CIM)的一般含义是应用计算机通过信息集成实现现代化的生产制造。根据企业具体情况的不同，CIM 哲理有各种各样的实现方法，这些具体实现便称为计算机集成制造系统(CIMS)。目前在我国 CIMS 推广应用中使用的各种应用软件是分别独立开发、调试和封装的，在集成运行时必将带来数据交换接口等问题。为解决实施 CIMS 过程中的软件投资大、可靠性低、扩展能力和可重用性差等问题，开发一种通用性好，可运行在异构分布计算机环境下的制造系统应用集成平台便具有重要的应用价值[4]。

CIMS 应用集成平台是典型的柔性软件系统，因此必然要在柔性软件系统概念与方法的指导下进行原型系统的开发。

1. CIMS 应用集成平台代理结构模型研究

CIMS 应用集成平台代理结构模型包括整体和单元结构模型两部分。图 2 所示代理整体结构具备柔性软件支撑系统的一般特点，同时控制代理的作用是监控、管理和协调平台上的所有代理。控制代理的软件镜象与控制代理完全同步运行，当控制代理出现故障时可恢复并接替控制代理的工作，使平台系统能够持续安全运行。

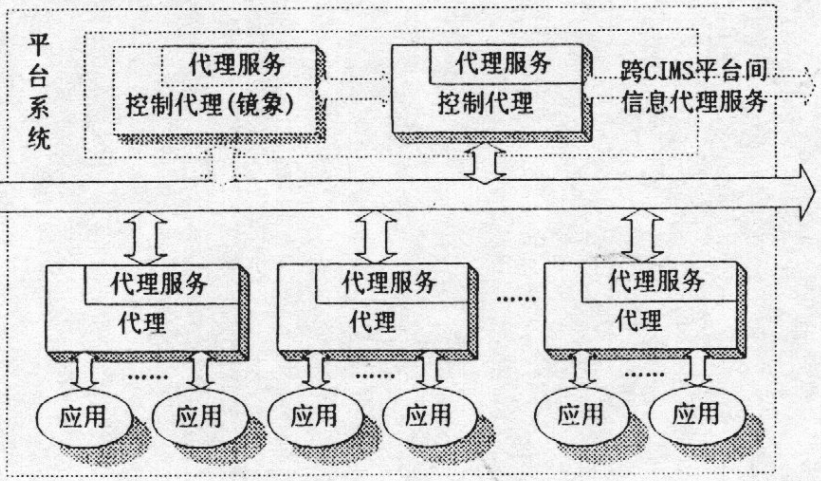

图 2　CIMS 应用集成平台代理整体结构模型

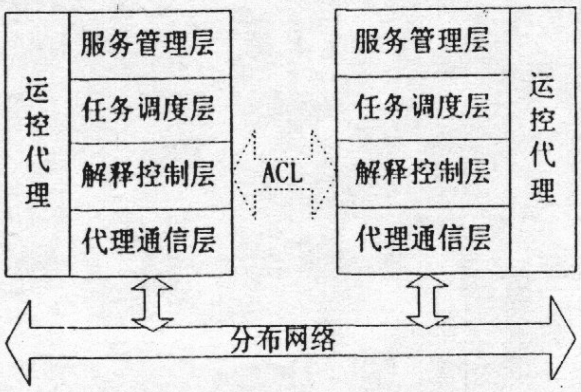

图 3　CIMS 应用集成平台代理单元结构模型

图 3 所示代理单元结构由基于网络的代理通信层、基于协议(代理通信语言 ACL)的命令解释层、基于知识与规则的任务调度层、基于内核的代理服务层组成。这里很明显地看到，松散式的分布整体结构与单元内部的刚性结构和严格的层次逻辑关系相对照，是为了适应软件柔性和扩展性的需要。

2. 基于重用的软件工程经营过程方法研究

借鉴以往软件工程经验，图 1 中的三个主要的软件工程基本过程均可以抽象为获取需求、需求分析、设计、实现、测试等具体工作步骤，以应用系统工程为例，可以得到如图 4 所示的应用系统工程经营过程步骤。

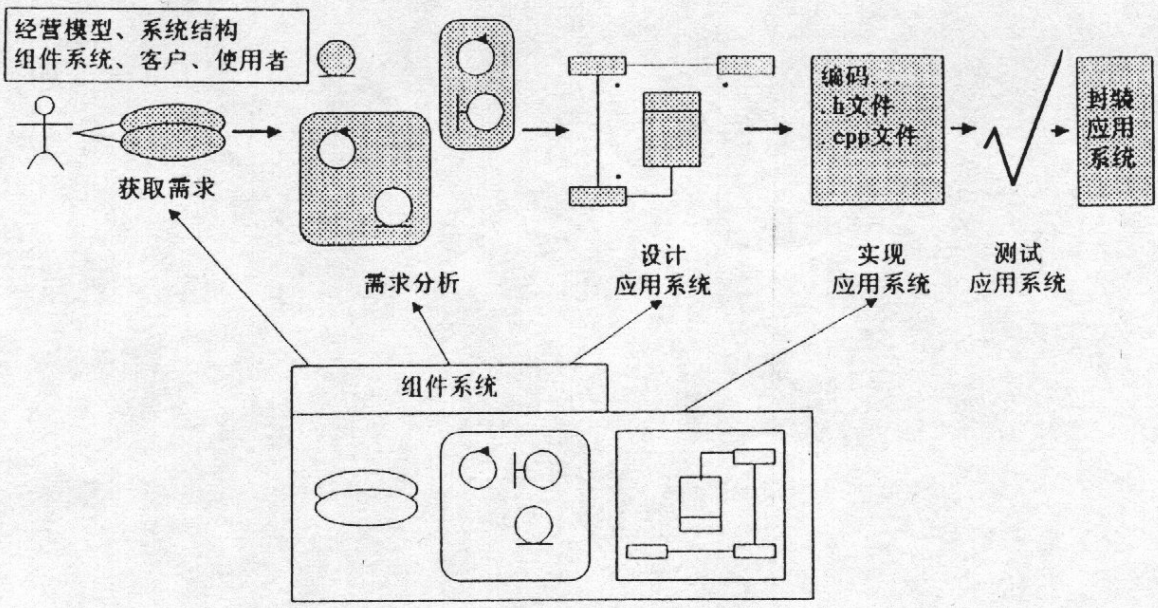

图 4　应用系统工程经营过程步骤

在获取需求阶段可以采用 Use Case 方法[5]，从用户的直接要求出发建立系统的需求模型；在分析与设计阶段可以采用 Booch 方法[6]，由类图、场景图等组成系统设计的分析模型。采用这些面向对象技术是软件系统工程经营过程方法的基础。

结论　柔性软件系统是未来计算机软件发展的必然趋势，其中综合并系统化了当前软件技术中的诸多好的方法和思路，因此具有广阔的研究前景。同时计算机硬件技术的飞速发展使得对应用软件的需求不断增加，尤其我国目前正处于计划经济向市场经济转轨的过程中，涉及到管理体制、经营过程、机构设置、人员调动等多方面根本性的变化，开发更灵活、更具柔性的应用软件系统无疑将更好地适应这种需求。当然柔性软件系统在实际应用中存在高费用、高风险与高收益并存的现象，但令用户长远意义上的获益匪浅将产生广阔的应用前景。

参 考 文 献

1　Bradshaw J M. Software Agents. First edition, New York: The MIT Press, 1997

2　Jacobson I, et al. Software Reuse. The ACM Press, 1997

3　Scholz-Reiter B , Stichel E. Business Process Modeling. Springer, 1996

4　范玉顺，等．“制造业 CIMS 应用集成平台总体设计与原型系统开发”项目总体设计报告：[技术报告]．北京，1997

5　Jacobson I. Object-Oriented Software Engineering: a Use Case Driven Approach. Addison-Wesley Pub, 1992

6　Booch G. Object-Oriented Analysis and Design with Applications. Second edition, Addison-Wesley Pub, 1994

（上接第 61 页）

4.4　面向数据的语义解释的统计模型

给定一个已标注树库，就可以定义一个输入字符串语义解释的概率。正如上面描述的分解过程，树库中的一棵树可以分解成包含所有子树的多个集合。利用一棵子树替换左侧类型为 C 的叶节点，其概率即为在多个集合中，从所有类型为 C 的子树中选择该子树的概率。该概率值等于这棵子树的出现次数与所有类型为 C 的子树数目的比率。

一个串的推导是一组子树，它们的组合产生一棵树，生成这个串。一个推导的概率由这些子树的替换概率产生。一个串的推导产生的树称为该串的一个分析。一个分析概率相当于其任何一个推导产生结果的概率，等于其所有推导概率之和。

一个串的解释是一个模式，相当于这个串分析（树）的根节点的语义标注。一个具有解释 I 的串 S 的概率，等于该串 S 根节点被标注为 I 模式的所有分析概率之和。

（参考文献共 18 篇，略）