

浅论软件技术发展

杨芙清¹, 梅 宏¹, 吕 建², 金 芝³

(1. 北京大学信息科学技术学院软件研究所, 北京 100871; 2. 南京大学计算机
软件新技术国家重点实验室, 江苏南京 210096; 3. 中国科学院数学与系统科学研究院, 北京 100080)

摘 要: 本文以软件基本模型的发展为主线, 对软件技术的历史和现状进行了回顾; 分析了 Internet 的基本特征及其对软件技术带来的需求和挑战; 总结提炼出 Internet 环境下软件的新形态——网构软件(Internetware), 探讨了其不同于传统软件的主要特性和主要研究方向。

关键词: 软件技术; Internet; 网构软件

中图分类号: TP311 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2002) 12A-1901-06

Some Discussion on the Development of Software Technology

YANG Fu-qing¹, MEI Hong¹, LU Jian², JIN Zhi³

(1. Software Institute, Peking University, Beijing 1000871, China;
2. National Laboratory for Novel Software Technology, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210096, China;
3. Mathematics Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract: This paper presents a survey of the past development and current status of software technology, along the development of fundamental computing models for software. It also analyses the main characteristics of Internet and the requirements and challenges that Internet brings to software technology. Based on this analysis, a new concept of Internetware is presented. Internetware is a new class of software that is running on Internet and has distinct features from conventional software. Furthermore, the main research directions on Internetware are discussed.

Key words: software technology; internet; internetware

1 软件技术回顾

软件技术, 简言之, 是指支持软件系统的开发、运行和维护的技术。其核心内容是: 高效的运行模型及其支撑机制, 有效的开发方法学及其支撑机制。

软件作为一门学科, 其研究内容可分为三个层次: 一是研究软件的本质和模型, 即软件的基本元素(软件实体)及其结构模型, 这是软件呈现良好结构性并能够有效、高效地运行的基础。同时, 相应的形式化模型的研究也是重要的研究课题, 这是实现软件生产自动化的必备前提; 二是针对特定的软件

收稿日期: 2002-09-11; 修回日期: 2002-11-11

基于 DCT 变换的渐进式图像编码方法	卓 力	沈兰荪	李朝峰	朱 青 (2105)
可移动系统安全模型统一框架	王立斌	熊 焰	陈可菲 (2108)	
基于 3GPP2 框架的无线移动网络的 RSVP 扩展研究	华 蓓	余 江	蔡承杰 (2111)	
面向语义 Web 的逻辑描述原语扩展	姚绍文	马晓星	周明天 (2115)	
移动 agent 系统基准模型的研究	陶先平	吕 建	胡 昊 (2119)	
从 UML 状态图到 PVS 规范的自动转换、验证	赖明志	尤晋元 (2122)		
一种新型 2-DCT/IDCT 结构的设计与实现	傅宇卓	王嘉芳	胡铭曾 (2126)	
基于逆问题扰动的脆弱数字水印认证	赵险峰	汪为农	陈克非 (2130)	
编译系统中中间代码的一种抽象表示	戴桂兰	张素琴	蒋维杜 (2134)	
基于模糊认知图的机器人高层规划研究	骆祥峰	高 隽	谢 昭 (2138)	
带宽测量实验研究及其算法改进	谢高岗	汤艳霞	李忠诚 (2142)	
一个基于相关存储的模式识别方法			周景洲 (2146)	
多构件库统一刻面检索机制	马 亮	谢 冰	杨芙清 (2149)	
CMAC 的无交叠感受域变分辨率学习方法			杨艳丽 (2153)	
基于构造类别代数的变异分析	周晓煜	赵保华	屈玉贵 (2155)	
一个改进的路由器包转发模型	李小勇	刘东喜	陈 凯	梁阿磊 (2158)
基于多层竞争的高效并行遗传算法			李 碧	雍正正 (2161)
一种软件代码精细分析技术			唐 英	徐良贤 (2163)
软件复杂性与测试用例集价值	吴 际	金茂忠	刘 超 (2166)	
基于部分匹配的 XML 文本文档向量检索模型	吴 劲	陈泽琳 (2169)		
用 Monte Carlo 模拟方法评估 Web Services 系统的可靠性	支小莉	陆鑫达 (2172)		
一种在汉语文本中抽取重复字串的快速算法	马颖华	王永成	苏贵洋 (2177)	

模型,研究高效的软件开发技术,以提高软件系统开发的效率和质量.研究内容多体现为方法论及相应的工程原则、支撑工具;三是研制领域特定的或应用特定的软件.软件技术的研究主要指第一和第二层次的研究工作.

软件技术研究的基本内容又可分为软件语言、软件工程与软件方法学、以及软件系统.软件语言是用以书写软件的语言.它包括书写软件需求定义的需求级语言,书写软件功能规约的功能级语言,书写软件设计规约的设计级语言,以及书写实现算法的实现级语言.处于不同级别的软件语言均体现了不同抽象层次的软件模型.软件工程则是研究如何综合应用计算机科学与数学原理来高效、高质地开发软件.主要包括:以软件开发方法为研究对象的软件方法学,以软件生命周期为研究对象的软件过程,以及以自动化软件开发过程为目标 CASE 工具和环境.软件系统则主要指操作系统、语言处理系统、数据库系统等系统软件.这些软件系统是人们开发的各类应用系统的基本运行支撑.如操作系统是用以管理系统资源的软件,旨在提高计算机的总体效用.语言处理系统包括各种类型的语言处理程序,如解释程序、汇编程序、编译程序、编辑程序、装配程序等,用于将用户编写软件翻译为机器可理解和运行的目标程序.数据库系统包括数据库及其管理系统,用于支持涉及大量数据存储和处理的应用系统开发和运行.

回顾软件技术的发展历史,其核心技术之一是软件的基本模型.与软件技术发展密切相关的三个要素是计算机平台、人的思维模式和问题的基本特征.驱动软件技术不断向前发展的核心动因之一是复杂性控制.高级语言的发展是为了控制计算机硬件平台的复杂性,结构程序设计的发展是为了控制程序开发过程和执行过程的复杂性,面向对象方法则是为了控制系统需求易变所导致的复杂性.面向对象技术目前之所以流行是因为它较好地综合了软件开发的三个要素:计算机平台、人的思维模式 and 问题的特征.面向对象技术的基本建模元素是对象及对象间的交互,这种看待现实世界的观点既符合人的思维模式,又符合客观世界的构成规律,因此,能够达到问题空间、设计空间和程序空间之间的直接映射,从而能更容易地控制需求变化所导致的在设计空间和程序空间的“涟漪”效应.

考察软件基本模型的发展,可以发现如下的历程.在高级语言出现以前,汇编语言(机器语言)是编程的工具,软件模型的基本单元是指令,指令的序列构成程序,其控制机制主要是顺序和转移;FORTRAN 语言的问世,使得软件模型向人类的思维模式靠近了一步,人们可以直接使用算术表达式来编程实现其科学和工程计算任务.这种基本计算单元抽象程度的提高不仅改善了人们的编程效率,而且大大拓宽了计算机应用的领域和程序员的范围;高级语言的发展,使得程序员可以在一个更高的抽象层次上进行程序设计,从而提高了开发效率(从理论上说,人在单位时间内所能编写的代码行数基本相同),也提高了开发质量;结构化程序设计技术的出现,使得任意计算流程均可用顺序、循环和条件等三种基本控制结构来描述,而函数(过程)等程序元素的出现又为信息隐蔽和封装提供了机制,这样的软件模型不仅基本计算单元粒度增大,而

且控制流程结构化,这是在较长一段时间内在软件界占据主流的软件模型;模块化、抽象数据类型等概念的出现也是人们在提高基本计算单元粒度和抽象度方面努力的结果,但是这些概念并没有在编程语言层次上的对应体(虽然一些个别的研究性语言提供了模块或抽象数据类型的机制,但对大多数语言而言,还只能用其本身的基本结构来模拟之).因此,模块化基本上还局限于设计阶段,抽象数据类型则主要局限于学术研究中;近 20 年来,面向对象程序设计语言的诞生并逐步流行,为人们提供了一种以对象为基本计算单元,以消息传递为基本交互手段的软件模型,该模型以拟人化的观点来看待客观世界(客观世界由一系列对象构成,这些对象间的交互就形成了客观世界的活动),符合人们的思维模式和现实世界的结构,随后而兴起的面向对象方法学也就逐步成为软件开发的流行方法;对软件复用的关注,又使得人们试图寻找比对象粒度更大、更易于复用的基本单元,从而导致了软件构件技术的兴起,如果说在早期构件还基本上是一种设计级元素的话,那么近几年分布对象技术的进展已使得人们可以在语言级别上实现一个构件实体,面向构件的计算模型已被视为新一代的软件模型.

为了满足高质量、高效率地开发各种各样日趋复杂、大型的软件系统的需要,软件工程技术受到越来越多的关注,成为软件技术中发展较快的分支学科领域之一.

软件工程作为一门独立的学科,其发展已逾 30 年.20 世纪 60 代,由于高级语言的流行,使得计算机的应用范围得到较大扩展,对软件系统的需求急剧上升,从而产生了所谓“软件危机”,软件开发从质量、效率等方面均远远不能满足需求.60 年代末,如何克服“软件危机”,为软件开发提供高质、高效的技术支持,受到人们的高度关注.1968 年,在 NATO 会议上首次提出了“软件工程”这一概念,从而使软件开发开始了从“艺术”、“技巧”和“个体行为”向“工程”和“群体协同工作”转化的历程.30 多年来,软件工程的研究和实践取得了长足的发展,虽然距离彻底解决“软件危机”尚有较大差距,但对软件开发的工程化以及软件产业的发展起到了积极的推动作用,提供了良好的技术支持.软件工程发展过程中一些具有里程碑意义的进展包括:

- 20 世纪 60 年代末:开始注重对程序结构的研究;出现了结构化程序设计思想;软件工程思想和概念被正式提出.

- 20 世纪 70 年代:软件开发的前期阶段受到重视,人们开始研究结构化分析和设计方法;程序设计方法学研究成为独立研究领域;以数据为中心的抽象数据类型概念的提出;软件工具开始出现.

- 20 世纪 80 年代:从程序设计方法学研究转向软件开发方法学研究;计算机辅助软件工程(CASE)及软件工程环境的研制成为热点;面向对象技术开始出现并逐步流行.

- 1990 年代:面向对象方法和技术成为主流软件开发技术;软件过程研究及企业软件过程改善成为热点;软件复用和软件构件技术被视为解决软件危机的一条现实可行途径.

纵观软件工程的历程,我们不难发现,结合软件基本模型的发展,注重理论和技术研究一直是软件工程发展的主

线,而当前,软件过程研究及企业软件过程改善也已成为和技术研究同等重要的课题.一个基本的共识是:软件过程改善和软件新技术采用两方面的无缝结合将是软件工程发展的主流,也是解决软件危机的主流途径.

目前软件工程理论和技术方面研究的主要热点有:软件建模相关的研究工作,包括对统一建模语言 UML 的扩展及形式化研究;方法学相关的研究工作,包括面向 Agent 的方法学、面向 Aspect 的方法、面向构件的方法学等;再工程相关的研究工作,包括程序分析、程序理解和逆向工程;软件复用相关的研究工作,包括软件构件技术、软件体系结构技术、基于关键的软件开发、领域工程技术、产品线技术等;Internet 相关的研究工作,包括 Web 工程、基于 Internet 的协同工作等;以及其他关于软件测试、过程管理等方面的研究工作.

2 Internet 对软件技术的需求和挑战

Internet 无疑是 20 世纪末最伟大的技术进展,其普及和发展为我们提供了一种全球范围的信息基础设施.这个不断延伸的网络基础设施,形成了一个资源丰富的计算平台.以 Internet 为主干,各类局域网或无线网为局部设施,伴随着移动通讯技术的发展,再加上各种信息处理设备和嵌入设备作为终端,构成了人类社会的信息化、数字化基础,成为我们学习、生活和工作的必备环境.

Internet 主要特点体现在下述三方面:

(1)Internet 提供了广泛的连通性,这里的连通性不仅是指物理上连接的地域范围既包括人类生活的各个方面,也包括了卫星、星际探测器等各类智能化设备能够到达的广泛空间;更是通过开放的标准化技术,和 Internet 为主干的连通能力,将规模庞大的计算设备连接称为了一个协同的整体,不仅为信息共享、传播提供了基础,更可以提供巨大的计算能力,并将该能力融合到人类生活的各个方面.

(2)以 Internet 连通起来的整体信息系统是无统一控制的分布性系统结构,各节点可具有高度的自治性,实体行为复杂具有不可预测性.一方面系统中相连的人、设备、软件和局部环境具有丰富的多样性和异构性,使用方式也具有个性化和灵活性的表现;另一方面,通过开放性的技术标准又实现了整体复杂的互连、协作和互操作.由此,在基于标准的互连、互操作特性基础上,Internet 系统表现出了显著的动态特性.

(3)Internet 为人类海量信息的处理要求提供了基础平台,互连不仅使信息孤岛相互连接,共享范围得以扩充;更重要的是使得计算设备的能力实现了整合,能够在基本计算单元能力较弱的情况下,实现整体海量的计算能力. Internet 的发展为社会信息化孕育了巨大的创新空间,也为软件及其技术发展带来了新的平台、新的模式和新的业务,并为软件产业发展提供了规模空前的基础设施.

从软件的运行平台上来看,早期软件以面向单 CPU/多 CPU 的集中封闭机器结构为基础,着重发展特定/局部环境下简单通讯协同的软件技术;随着网络技术的发展,出现了以网络环境为核心的分布式系统结构;而新一代软件运行平台将建立在广泛连通的 Internet 基础上,Internet 整体成为了软件运

行的环境,软件本身既强调自治性、又强调协作性.

基于 Internet 的连通性,软件产品的形态和传播模式开始发生根本性变化.继软件作为一种产品和产业从硬件脱离出来以后,目前软件正在从由依附在存储介质(磁盘、光盘等)上的产品形式转变成无固态形态的服务形式,软件产业正在从生产产品演变成提供软件服务.软件作为服务(Software as a service)这一崭新模式有望取代传统的基于拷贝的产业模式.这种新型模式不仅更加具有商业合理性,同时,客户端/Internet 形式的技术能够为用户提供低成本、强有力的计算能力,更可以在软件升级、维护等关键方面实现更为优质的服务.

软件技术发展也使 Internet 的应用出现了新的业务.从初期互连、互通为目标的接入服务(ISP),到提供各类信息收集、检索为基础的内容服务(ICP),进而发展到以提供计算能力为核心的高层次应用服务(ASP).其中,Internet 数据中心(IDC)可归为以提供存储服务为主要目标的特殊应用服务类型.

目前,国际上针对新环境下的软件新技术的代表性研究工作有:

(1)软件中间件技术 随着网络应用的逐步增多,为了解决平台异构性和互操作问题,中间件作为一种新的软件类型(或层次)开始出现.从中间件提出的初始动因来看,是指网络环境下处于操作系统等系统软件和应用软件之间的一种起连接作用的分布式软件,主要解决异构网络环境下分布式应用软件的互连与互操作问题,它可屏蔽实现细节,提高应用系统的易移植性.随着 Internet 的快速发展,中间件的定义正在走出其狭义空间,逐步形成更为广义的内涵.主要呈现出两方面的技术趋势,一方面,支撑软件越来越多地向运行层渗透,提供更强的对系统实现的支持,另一方面,中间件也开始考虑对高层设计和运行部署等开发工作的支持.而这两个技术趋势从本质上正是源于软件体系结构和软件构件等技术的发展和运用.从广义的角度看,中间件代表了处于系统软件和应用软件之间的中间层次的软件,其主要目的是对应用软件的开发和运行提供更为直接和高效的支撑.

中间件技术已成为软件技术的研究热点.主要中间件包括:数据访问中间件、远程过程调用中间件、事务中间件、消息中间件和面向对象中间件等.面向对象中间件是对象技术和分布式计算发展的产物,它提供一种通讯机制,透明地在异构的分布计算环境中传递对象请求.目前主要的中间件标准有 OMG 的 CORBA、微软的 COM 和 Sun 公司的 EJB.它们的异构性和开放性各有不同,适用于异构环境、开放的 CORBA 是 Internet 与企业应用事实上的工业标准,而特定于 Windows 平台、专有的 COM 则是桌面系统的首选.EJB 则兼具二者之优势.

随着软件产业模式从以产品为中心的制造业转变为以客户为中心的服务业,WWW 从两层体系转变为三层体系,B2B 从复杂专用的连接转变为简单通用的连接,分布计算中间件从 Intranet 扩展到 Internet,上述中间件技术已不能适应这些发展需求,因而导致新型中间件技术 Web Services 的产生. Web Services 以 XML、SOAP、WSDL 和 UDDI 为核心,致力于软件在应用层的互操作问题.为了适应开放、动态的 Internet 环境,Web Services 忽略了具体的底层消息传输协议和端点的消

息处理等导致传统中间件异构的特征,并增强了服务动态发布、查找和使用的能力。换言之,Web Services 不仅屏蔽了异构的操作系统、网络和编程语言,还屏蔽了传统中间件之间的异构性,并支持开放、动态的互操作模式。因此,Web Services 获得了产业界广泛的支持和学术界的重视。

(2)网格计算(Grid Computing) 与 20 世纪 90 年代计算机应用体系结构的主流是客户机/服务器(Client-Server)结构相比,Internet 的发展使许许多多不同类型的服务器都连接在网上,计算机系统的发展趋势开始从 Client/Server 结构转变为客户机/网络(Client/Network)结构。各种服务器在高层系统软件控制下形成一个具有巨大计算数据处理能力的服务“环境”,对各行各业和社会大众提供一体化的信息服务。这种环境通常称为“网格”(Grid),也称为“元计算”(Metacomputing),被视为 Internet 技术发展的下一代目标。由于在这种国家信息基础设施建设中将包含数量可观的高性能计算机及超级服务器,因此也把它称为高性能计算环境,这个高性能计算环境主要包括六个部分,即以高性能计算机为中心的网格结点、数据库、贵重仪器、可视化设备、宽带网和网格软件。

可以说,Internet 实现了计算机硬件的连通,Web 实现了网页的连通,而网格试图实现互联网上所有资源的全面连通,包括计算资源、存储资源、通信资源、软件资源、信息资源、知识资源等等。在 Internet/Web 上,数据和计算资源零散地分布在各个网络站点;而在信息网格中,资源可统一管理和使用。用户可以通过网格门户(Portal)之类的技术,透明地使用整个网络资源。他们看到的是一个逻辑门户上的若干与自己相关的频道,而不用在成千上万个网站中去搜索自己想要的信息。上述计算机的应用体系结构对计算机系统产生了深远的影响,如何在一个跨地域的网络上实现单一系统映象、透明、可靠、安全、负载平衡和资源共有的网格系统,是近年来计算机系统结构研究的热点。

(3)微软的 NET 计划 2000 年 6 月 22 日,Microsoft 宣布了 NET 战略,并宣称“其意义不亚于从 DOS 改变为 Windows 的过程”。NET 战略是含义广泛的运算设想,试图改变在 Internet 上存贮和传送信息的模式、各运算单元相互连接的方式、人们对软件应用的思路,甚至改变人们与计算机进行交流的方式。对于普通消费者来说,通过个性化的界面和灵活的方式(通过各种终端设备和网络接入方式)快速访问所需信息,而不必关心幕后操作;对于开发人员来说,NET 是新的系统平台,提供了一个基于 XML 的编程模型和快速开发环境;对于第三方软件开发商来说,NET 既是新的机遇,又是严峻的挑战;对于企业信息管理人员来说,NET 是增进信息交流和提高生产效率的手段。微软将 NET 称为“新一代 Windows 服务(NGWS)”简单地说,NET 是一种分布式运算的框架,它以 XML 为基础,以 Web 服务为核心,辅以其他各种技术实现,旨在充分利用 Internet 上强大的计算资源和丰富的带宽资源,提高用户的工作效率。

(4)Internet2 项目 Internet2 是由美国 180 多个大学联合企业、政府组成的联盟,研究先进的网络应用与技术,为未来的 Internet 提供基础。Internet2 的目标在于为国家的研究团体提供领先的网络能力,促进 Internet 应用的演化,使新型的网

络服务和应用与广阔的 Internet 社会需求相适应。Internet2 成员主要致力于下列研究领域:先进应用系统——用于促进网络环境下人、信息、资源等之间的协作;中间件——提供先进应用系统的公共服务,例如:标识、认证、授权等;新的连网能力——使未来的商用 Internet 可以为先进应用系统提供可靠的性能;先进的网络基础设施——用于提供高性能的网络基础;协作与联盟——用于更好地支持学术界、企业界和政府之间的协作和联合。如果说 Internet1 解决了通信问题的话,那么 Internet2 将致力于解决协作问题,为人们的学习、生活、工作提供更高质量的服务。

3 网构软件(Internetware)

Internet 作为不同于传统计算机的硬件平台,具有如下基本特征:

- 无统一控制的“真”分布性
- 节点的高度自治性
- 节点链接的开放性和动态性
- 人、设备和软件的多重异构性
- 实体行为的不可预测性
- 运行环境的潜在不安全性
- 使用方式的个性化和灵活性
- 网络连接环境的多样性

由于软件系统所基于的计算机硬件平台正经历从集中封闭的计算平台向开放的 Internet 平台的转变,软件系统作为计算机系统的灵魂,随着其运行环境的演变也经历了一系列的变革。目前,面向网络的计算环境正由 Client/Server 发展为 Client/Cluster,并正朝着 Client/Network 和 Client/Virtual Environment 的方向发展。那么,未来的基于 Internet 平台的软件系统又将会呈现出一个什么形态呢?

从技术的角度看,以软件构件等技术支持的软件实体将以开放、自主的方式存在于 Internet 的各个节点之上,任何一个软件实体可在开放的环境下通过某种方式加以发布,并以各种协同方式与其它软件实体进行跨网络的互连、互通、协作和联盟,从而形成一种与当前的信息 Web 类似的 Software Web。Software Web 不再仅仅是信息的提供者,而是各种服务(功能)的提供者。由于网络环境的开放与动态性,以及用户使用方式的个性化要求,从而决定了这样一种 Software Web 并不能够像传统软件那样一蹴而就,它应能感知外部网络环境的动态变化,并随着这种变化按照功能指标、性能指标和可信性指标等进行静态的调整和动态的演化,以使系统具有尽可能高的用户满意度。我们将这样一种新的软件形态称为网构软件(Internetware)。

网构软件是在 Internet 开放、动态和多变环境下软件系统基本形态的一种抽象,它既是传统软件结构的自然延伸,又具有区别于在集中封闭环境下发展起来的传统软件形态的独有的基本特征:

(1)自主性:指网构软件系统中的软件实体具有相对独立性、主动性和自适应性。自主性使其区别于传统软件系统中软件实体的依赖性和被动性;

(2)协同性:指网构软件系统中软件实体与软件实体之间可按多种静态连接和动态合作方式在开放的网络环境下加以互连、互通、协作和联盟。协同性使其区别于传统软件系统在封闭集中环境下单一静态的连接模式;

(3)反应性:指网构软件具有感知外部运行和使用环境并对系统演化提供有用信息的能力;反应性使网构软件系统具备了适应 Internet 开放、动态和多变环境的感知能力;

(4)演化性:指网构软件结构可根据应用需求和网络环境变化而发生动态演化,主要表现在其实体元素数目的可变性、结构关系的可调节性和结构形态的动态可配置性;演化性使网构软件系统具备了适应 Internet 开放、动态和多变环境的应变能力;

(5)多态性:指网构软件系统的效果体现出相容的多目标性.它可根据某些基本协同原则,在动态变化的网络环境下,满足多种相容的目标形态.多态性使网构软件系统在网络环境下具备了一定的柔性和满足个性化需求的能力.

可以说,网构软件的概念是普适而广泛的.实际上,从单机结构上的软件系统、到主/从结构的软件系统、到客户机/服务器模式的软件系统、一直到现有的浏览/服务器结构的软件系统,从本质上来说,都是网构软件系统的一种特例(具有网构软件的某些特性).例如,当今有代表性的 Browser/Server 结构在 Server 端具有相对独立性,而众多 Browser 与 Server 端的连接则具有开放环境下跨网络的初级协同性;而 Browser 搜索引擎搜索结果的多重性则体现了其随网络环境变化而产生的多态性;JINI 技术中所倡导的软件实体的动态联盟和 Applets 技术等则在某种意义上体现了演化性的需求;而 Active Software 和 Autonomous Software 则反映了在网络环境下对软件实体自主性的需求.因此,有理由相信,网构软件概念基本概括了在 Internet 开放、动态和多变环境下软件技术的发展趋势,它将在未来 5-10 年成为软件的一种主流形态.从网构软件的角度来考察当今主流软件技术,可以发现现有软件技术体系由于其本质上是一种静态和封闭的框架体系,难以适应 Internet 开放、动态和多变的特点.从技术框架看,软件方法学的核心是程序设计方法学,而程序设计方法学考虑的重点是软件结构.软件结构主要包括程序实体和协同方式两部分.目前在软件领域占主导地位的软件方法是面向对象方法.从网构软件的角度来看面向对象软件结构,有以下三方面的问题:

(1)系统目标和结构确定性的限制:一般说来,在构建系统的过程中,系统的基本功能和基本结构是按照系统所要解决的问题和问题领域的特性通过系统分析与设计逐步确定的,未能兼顾 Internet 开放、多变和动态的特性.因此,它难以适应网构软件系统的动态协同、逐步适应和不断演化的需求.

(2)实体单元自主性的欠缺:面向对象方法中的对象概念通常是静止和被动的,它难以在 Internet 开放、动态和多变环境下调整自己的目标和行为,以适应网络环境的变化和用户的个性化要求.

(3)协同方式的单一性:程序实体间传统的协同方式是过程调用和对对象允引(Reference).一般说来,由于其时间和空间耦合的特征,过程调用和对对象允引通常只适合于程序实体功能固定、位置固定、以及协同逻辑固定的静态和封闭世界,难以满足开放、动态和多变的 Internet 环境对时间或空间的紧耦合或松散耦合等多种协同方式的需要.

可以说,传统的软件理论、方法和技术等在处理网构软件

时遇到了一系列的挑战:

(1)软件基本模型的变化:软件基本模型的发展,表现为一个逐步追求更具表达能力、更符合人类思维模式、更具可构造性和演化性的软件结构过程.目前软件模型已发生了重要变化,面向对象、面向构件的软件模型逐步成为主流.对基于 Internet 环境的网构软件系统而言,其基本的计算单元应该是分布、自治、异构的“构件”,而它们之间的“交互”则可能是从简单的消息传递到复杂的通信协议和协同模式.这种模型将由于所处平台的特性和开放应用的需求而变得比任何传统的计算模型都更为复杂,开放、动态和演化等是其基本属性.

(2)软件开发技术的变化:由于所基于的平台是封闭静态框架,传统软件系统的开发基本都是采用自顶向下的途径,确定系统的范围(即 Scoping)总是建立需求的第一步,然后通过分解而实施分而治之的策略,整个开发过程处于有序控制之下.而网构软件系统的开发所基于的平台是一个有丰富基础软件资源但同时又是开放、动态和多变的框架,开发活动呈现为通过基础软件资源组合为基本系统,然后经历由“无序”到“有序”的往复循环过程,基本上是一种自底向上、由内向外的螺旋方式.另一方面,在静态和封闭的环境下,传统软件开发方法和技术并没有将对软件的可信性(安全性和可靠性)考虑融合在其中,从而致使在 Internet 环境下开发软件系统时,缺乏可以保证系统可信性的有效手段.

(3)软件生命周期概念的变化:在传统的软件工程体系中,软件生命周期概念所强调的是从问题提出到软件提交的整个开发过程的重要性,而对于提交使用之后的软件变化过程往往只采用“软件维护”加以简单概括.这样一种软件生命周期概念对于处于静态封闭环境下的软件系统的开发是合适的,但对处于 Internet 开放、动态和多变环境下网构软件系统的开发则有局限性.对网构软件系统来说,系统提交之后的动态的自适应性和演化性是其基本特征.因此,对运行阶段之后的演化过程的关注是必需的,甚至显得更为重要.因此,结合“无序”到“有序”的循环,网构软件系统所呈现的是一个不同于传统生命周期概念的“大生命周期概念”.目前,围绕这种新的大生命周期概念的相关理论、方法和技术基本上还是空白.

(4)程序正确性概念上的变化:对传统软件系统,正确性的概念和相应的质量标准是确定的,正确性的验证与质量测试和评价均依此而定.然而,在 Internet 环境下,一个软件系统所能达到的目标不仅取决于系统的输入,而且还取决于开放和动态变化的外部环境.因此,一个软件系统所能达到的目标难以用传统的正确性概念加以概括.也就是说,网构软件系统是一个具有多个相容目标的系统,其正确性可能表现为传统正确性描述的一个偏序集.同时,多目标的正确性概念也是网构软件演化的基本依据.正确性概念的变化,可能会导致传统软件工程体系中与正确性相关的软件规约、程序语义和程序验证等理论体系的变化.更进一步,多目标正确性概念还可能導致软件测试和评价技术的根本改变.

(5)软件体系结构侧重点的变化:传统软件系统的体系结构更多地关注于软件实体,是以实体为中心的结构模式.虽然最近关于软件体系结构的研究已开始关注软件实体间的连

接,但就体系结构的整体拓扑建模来说,仍是实体驱动的.这样的模式适合于封闭和静态环境的需求.在 Internet 开放、动态和多变的环境下,由于存在众多的基础软件资源,体系结构研究的出发点将从软件实体转向实体间的动态协同.因此,从基于实体的结构分解到基于协同的实体聚合将会是软件体系结构研究的重大转变.

(6)软件生产过程和环境的变化:在 Internet 开放的环境下,网络上必然存在大量可供用户直接使用的软件资源.在某种意义下,软件开发过程就是将这些资源加以适当协同并进行逐步演化的过程.由于软件协同模式与功能体的分离,程序设计的本质就成为进行协同的过程,这就形成基于 Internet 的面向用户的虚拟工厂的概念.在这样一个工厂中,不仅软件生成过程的控制和质量保证等会发生较大变化,而且开发环境和运行环境会融为一体.

综上所述,Internet 及其上应用的快速发展与普及,使计算机软件所面临的环境开始从静态封闭逐步走向开放、动态和多变.软件系统为了适应这样一种发展趋势,将会逐步呈现出柔性、多目标、连续反应式的网构软件系统的形态.面对这种新型的软件形态,传统的软件理论、方法、技术和平台面临了一系列挑战.从宏观上看,这种挑战为我们研究软件理论、方法和技术提供了难得的机遇,使我们有可能建立一套适合于 Internet 开放、动态和多变环境的新型软件理论、方法和技术体系.从微观的角度,Internet 的发展将使系统软件和支撑平台的研究重点开始从操作系统等转向新型中间件平台,而网构软件的理论、方法和技术突破必将导致在建立新型中间件平台创新技术方面的突破.归结起来,网构软件理论、方法、技术和平台的主要突破点在于实现如下转变,即,从传统软件结构到网构软件结构的转变,从系统目标的确定性到多重不确定性的转变,从实体单元的被动性到主动自主性的转变,从协同方式的单一性到灵活多面性的转变,从系统演化的静态性到系统演化的动态性的转变,从基于实体的结构分解到基于协同的实体聚合的转变,从经验驱动的软件手工开发模式到知识驱动的软件自动生成模式的转变.

建立这样一种新型的理论、方法、技术和平台体系具有两个方面的重要性,一方面,从计算机软件技术发展的角度,这种新型的理论、方法和技术将成为面向 Internet 计算环境的一套先进的软件工程方法学体系,为二十一世纪计算机软件的发展构造理论基础;另一方面,这种基于 Internet 计算环境上软件的核心理论、方法和技术,必将为我国在未来 5-10 年建立面向 Internet 的软件产业打下坚实的基础,在基于 Internet 新型中间件平台等方面形成具有特色的技术标准和技术专利,为我国软件产业的跨越式发展提供核心技术的支持.

网构软件的主要研究内容包括:基于 Internet 的开放软件模型及其性质、网构软件模型的形式化体系、基于 Agent 的网构软件模型与方法、面向构件的网构软件开发方法学、网构软件中间件平台基准模型、网构软件可信性理论及其度量评估体系、以及网构软件平台技术规范标准体系.

4 结束语

过去几十年,软件技术经历了一系列重要的变化和发展,

其发展的主线是:构成软件的软件实体的粒度不断增大,软件基本模型越来越符合人类的思维模式;软件运行平台的能力不断增强,越来越多地屏蔽掉计算机底层的复杂性;软件支撑平台的能力不断增强,越来越多地屏蔽了软件开发过程的复杂性;软件技术的应用范围不断扩大,越来越广泛地渗透到人类生活的各个方面.

Internet 快速发展,对软件技术带来了更多的需求和挑战,传统软件技术体系由于其本质上是一种静态和封闭的框架体系,难以适应 Internet 开放、动态和多变的特点.为此,我们提出了一种新的软件形态——网构软件.这种软件适应 Internet 的基本特征,呈现出柔性、多目标和连续反应式的系统形态,将导致现有软件理论、方法、技术和平台的革命性进展.

本文对软件技术的历史和现状进行了回顾和总结,分析了 Internet 的基本特征及其对软件技术带来的需求和挑战,探讨了网构软件不同于传统软件的主要特性和主要研究方向.

本文涉及内容颇多,主要分为三大部分.一是对软件技术历史和现状的客观陈述,这些内容在大量的论文和教科书中均有承载,本文主要借鉴参考了《计算机科学技术百科全书》中的定义和提法.二是对 Internet 性质的客观总结,素材来自于当前大量的关于 Internet 的讨论和热点技术领域.三是对网构软件概念的观点和讨论,这些内容则是作者尚未公开发表的观点.为此,本文没有详细列出相关的参考文献.在此,谨对文中某些内容所涉及的论文和教科书的作者表示感谢和歉意.

参考文献:(略)

作者简介:



杨美清 女,1932 年生于江苏,中国科学院院士,北京大学教授、博士生导师,中国电子学会、计算机学会副理事长,北京大学信息与工程学部主任,主要研究领域为系统软件、软件工程和软件工程环境、软件复用和软件构件技术、软件工业化生产技术等.现已发表论文 90 多篇并出版专著 6 部.



梅 宏 男,1963 年 5 月生于贵州,博士,北京大学教授、博士生导师,国家杰出青年科学基金获得者.主要研究领域为软件工程和软件工程环境、新型程序设计语言、软件复用和软件构件技术等.现已发表论文 80 多篇.

吕 建 男,1960 年 3 月生于江苏,博士,南京大学长江学者计划特聘教授、博士生导师,国家杰出青年科学基金获得者,主要研究方向为软件自动化、面向对象方法与技术、并行程序的形式化方法和软件 Agent 技术,已发表论文 90 余篇,合著学术专著 2 部.

金 芝 女,1962 年 6 月生于湖南,博士,中科院数学与系统科学研究院研究员、博士生导师,主要研究方向为软件需求工程、领域建模和基于知识的软件工程等.已发表论文 40 余篇,合著英文专著 1 部.