

软件过程技术研究^{*)}

宗志东 朱冰[✓] 邵维忠 杨芙清
(北京大学计算机科学与技术系 北京 100871)

摘 要 As a new field of software research, software process is an important way for increasing software productivity and ensuring software quality. This paper introduces the development of software process, the basic concepts, the main contents, and the current state of this field. Finally, it points out some issues in software process research.

关键词 Software process, Software process model, Process-centered environment

一、引言

提高软件生产率,保证软件质量一直是软件界追求的目标,在过去的几十年里,人们不断地探索新技术、新方法和新工具,为实现此目标作出了巨大努力,我们只要对这些探索的历程做一简单的回顾,就不难发现当前人们开始对软件过程进行研究是软件发展的必然。

早在 60 年代,软件开发特别强调编程者个人的技术因素,尤其注重开发过程中的编码阶段。当时的软件规模比较小,其成功主要依靠编程人员之间的合作,因此编程技术至关重要,为提高软件生产率和软件产品质量而出现的高级语言和结构化编程方法成为当时最突出的成就。70 年代软件规模扩大了,需要更有组织的开发人员的协作,人们开始广泛接收软件工程的观点,探讨项目管理技术,并突出强调使用标准与规范,技术改进的重点前向转移,即由 60 年代的注重编码到更注重分析、设计和需求说明。软件项目的规模和复杂性自 80 年代以来以更快的速度扩大和提高,这时人们意识到需要采纳些形式化的标准与规范,项目规划、进度控制、配置管理、质量管理等都被看成是软件项目管理的某些方面,并以各种生命周期范型,如瀑布模型、螺旋模型等来指导项目的开发进程。在此期间出现了 CASE 工具,并被广泛采用以辅助人们的分析与设计活动,同时人们试图通过创建软件开发环境,如集成化项目支撑环境(IPSE)和软件工厂等来提高软件生产率和产品质量。

从以上的简单回顾中我们可以看出软件发展的几个特征或趋势,即软件项目复杂化,生产技术集成化,开发组织协作化和项目管理深层化。面对高度复杂的软件项目,如何组织、协调、控制和管理软件系统的开发是一个综合性的问题,不仅要研究项目开发的方法、技术、工具及管理原则,更要研究实际开发过程中各种实际因素的实际行为和表现。

目前,我们已经有了越来越多的软件开发环境和支撑工具,可是在许多开发组织中并没有得到有效的使用,这里固然有人的因素、技术因素和管理因素,但其中重要的一点是缺少软件过程的约束性。所以,尽管我们有了成熟的技术、方法和工具,但使用起来却千差万别,尽管我们有了严格的原则规范,但管理起来却总是有困难;尽管我们有了标准开发模型作指导,但这些模型由于其静态性,或层次太高和粒度太大而不能起到多少控制作用。正因如此,人们把对软件生产研究的重点开始转向研究软件生产过程——即软件过程本身上,通过将软件开发中的方法、技术、工具、资源等融于模型之中,将模型应用于实际过程之上,以此来组织、协调、管理和控制软件的生产与开发,这是软件发展的趋势。

二、基本概念

1. 软件过程

所谓软件过程是指软件生存周期中的一系列相关过程,又称软件生存周期过程,其中每一过程都包含了为实现某一(或某些)目标而必须采取的活动集,这些活动的执行可以是有序的、重复的、并行的。

^{*)} 本文受“九五”科技攻关项目资助。杨芙清 中科院院士。

嵌套的,也可以是有条件地引发的。

文[7,9,19]中软件过程定义中的活动也称为过程步。软件过程中的活动既包括技术性活动,也包括管理性活动。活动及活动所涉及的人员、输入输出产品、资源、及各种约束条件是软件过程的基本成分。

软件过程可以有多种分类方法,如按性质分有基本过程、支持过程和组织过程;按特征分有管理过程、开发过程和综合过程;按工作内容分有获取过程、供应过程、开发过程、运行过程、维护过程、管理过程和支持过程等。

2. 软件过程模型

软件过程模型即对软件过程的抽象描述,它可以是形式化、半形式化的或非形式化的。可以通过人员或计算机系统(过程代理者)的实施活动来完成过程模型所描述的软件过程。

软件过程模型的定义中包含以下两方面的涵义:第一,它是某一层面上对软件过程的抽象;第二,它反应了人们看待过程的一个特定视角^[19]。文[9]中也认为,对软件过程的任何表达都算一个模型,因此我们可以将经典的生命周期模型作为过程模型,只是这些模型可能有不同的抽象层。“视角”表达了人们对过程认识的一种观点,如面向描述的、或面向指导的。

一般来说,软件过程模型中应反映过程中的功能、行为和组织的几方面的信息^[9],借以在过程执行中回答诸如“做什么”、“何时做”、“谁来做”、“如何做”等基本问题,其目的在于帮助项目参与人员和软件使用人员正确理解软件过程,并对软件开发给予指导。过程模型通常有“活动模型”、“产品模型”、“角色模型”、“资源模型”、“约束模型”等子模型,它们分别描述过程的活动、产品、角色、资源、和约束的类型、结构与属性。

3. 软件过程框架

图1的软件过程框架按过程的进展和依赖关系把软件过程分为几个基本的阶段^[9]。其中过程开发过程在文[6,9]中也被称之为元过程,这里元过程被划归过程工程的范畴,软件开发过程被划归软件工程范畴,这一点主要是要我们在概念上有个理解和区分,两者并无明显的界限,按Osteiwail“软件过程也是软件”的思想^[20],过程工程不过是软件工程在过程获取中的应用。

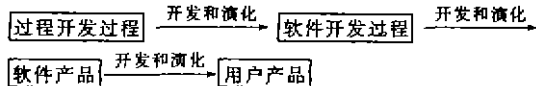


图1 软件过程框架

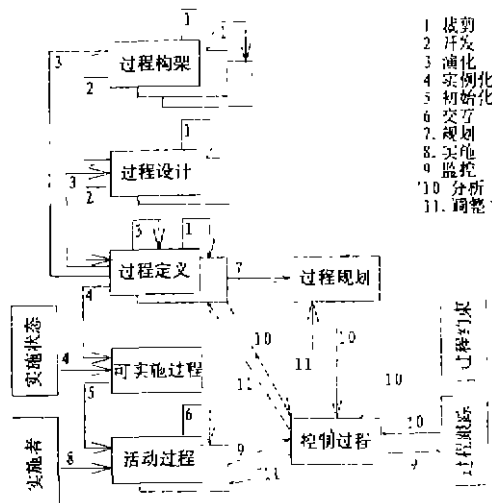


图2

图2描述了在图1软件过程框架下所定义的与过程相关的实体元素与活动之间的关系。其中一些基本概念描述如下:

- 过程构架:用于将过程元素一致地进行拼装、关联、裁剪为可执行过程。它提供了过程的设计空间。

- 过程设计:作为过程构架实体,它建立起了过程构架的选项与参数,现有可复用构件,新构件的结构与行为,及这些构件之间的关系。

- 过程定义:以部分有序过程步集合的形式实现的过程设计,它是可实施的。

- 过程规划:对过程定义所需资源、资源与过程步关系、过程步产品、及对实施和资源的约束的一种说明。

- 可实施过程:即过程定义的一个实例,它包括了实施所需的所有元素。

- 过程代理者(Agent):过程实施的主体,可以是人,也可以是机器,负责解释和执行可实施过程。

- 过程约束:实施中的过程应满足的条件。

- 实施状态:即整个可实施过程所处的状态。

- 活动过程:过程代理正在执行其定义的可实施过程。

- 控制过程:指与正在实施的活动过程相分离而存在的另一过程,该过程有权存取所实施过程的状态、数据和影响其实施。如控制过程可启动、监控、调整、或终止所控制的过程。

- 过程跟踪:指对实施过程状态的一系列记录,

它反映了实施的历史。

· 过程实施:过程代理者根据过程定义对过程的执行活动。

三、软件过程研究的主要领域及现状

软件过程研究的根本目的在于使软件工业能够不断改进软件过程,提高软件生产的效率和软件质量。为实现这一目标,首先,应理解过程的哪些方面应被建模,及建模的概念框架,我们还需识别构造清晰的软件过程定义所需的表示、方法及工具。第二,需要一套方法和工具用于对过程的改进进行抽象,及一套方法和工具用于分析过程的定义以找出理想或不理想的性质。第三,需要一套方法和工具按照过程定义来支持和完善项目的性能。最后,需要把这些表示、方法和工具集成起来,使其协调工作来实现项目提供强有力的支持。因此,在软件过程领域有三个主要的且相互关联的主题,它们是软件过程定义与建模、软件过程评价与改进、和软件过程支持^[1]。

1. 软件过程建模

所谓过程建模,就是按过程的建模目的,以某种表达方式、依据一定策略、并借助一定的支撑工具对软件过程中的成分及其关系进行抽象描述。

所以,影响过程建模的因素归纳起来一般有:建模目的、表达方式、建模策略、建模工具和建模成分。其中,建模成分主要是指过程所涉及的活动、产品、资源与角色等;建模目的是指过程的使用目的,如面向指导的或面向强制约束等;建模目的和建模工具都直接影响过程表达方式的选择;建模策略与项目规划者的具体策略有关,如以活动为中心建模或以角色为中心建模等。过程建模研究领域最重要的问题是过程的表达或称建模方法,即如何通过某种形式化或半形式化的表示系统来表达和抽象软件过程。

对软件过程建模方法的研究不仅是建模领域的研究重点,也是整个软件过程领域研究最早、关注最多、成就最突出的地方,到目前为止,世界上共出现了几十种建模方法^[21],这些方法可以说各有特色,都有自己独特的应用范围,但按其表达方式一般可分为这样几类:基于过程程序的方法,如 APPL/A;基于规则的方法,如 Marvel^[10];基于知识的过程表示,如 Articulator^[22];基于功能的过程表示,如 HF-SP^[23];基于 Petri 网的过程表示,如 Spade 环境中的 SLANG 语言^[1]。

2. 过程评价与改进

所有软件过程方面的工作最终会导向对过程的评价与改进,过程评价涉及评价标准、评价方法、及评价工具的建立,过程改进与整个软件组织的运行状态有关,不仅有技术方面的工作,更需要组织管理方面的准备。

在过程评价与改进方面的研究,卡内基-梅隆大学的软件工程研究所(SEI)的成就可谓一枝独秀,“软件过程评价与改进”这一术语就是由 SEI 首先提出,用以评价和改进实际的工业软件活动。SEI 为评价开发组织的过程能力开发了一个过程能力成熟度模型 CMM (Capability Maturity Model),按 CMM 的定义,开发组织的过程成熟度分为五个级别,即:初始级、重复级、定义级、管理级和优化级,每一级都定义了相应的标准。此外,SEI 还开发了一个系统化的规程用于度量开发组织所属的成熟度级别,并在开发组织内部建立可测量技术、方法和规范,为继续和不断改进过程提供基础^[12,13,14,20]。

目前,国际标准化组织出于对过程进行控制和改善的目的,把对软件的度量分为对产品和过程度量两部分,并把 CMM 的五个级别转换到 ISO-9003 的标准之中。

3. 过程支持

过程支持主要是指构造以过程为中心的软件工程环境(PSEE),也称基于过程的环境,或过程驱动环境,使得在该环境中能按特定的过程模型的定义支持、指导、检查和强化过程的执行,以过程为中心的环境的最显著特征,就在于它提供了过程模型的定义与实施机制。

以过程为中心的环境如果要想为所完成的过程提供方方面面的指导,所需要的就不仅是过程定义与实施机制,还需要多种设施来支持项目的开发与改进,如:过程定义支持、过程应用支持、过程定义分析、过程实施支持、过程记录支持、过程监控、过程可视化、用于过程改进的分析等,以上每种需求都需要相应的工具辅助完成。

在过程支持方面的研究,最重要的是过程驱动环境体系结构的研究。1992 年来自世界各地的软件过程研究者在 Colorado 就过程驱动环境体系结构(PSEEA)进行了一次研讨会^[24],其重点在于对与过程相关的环境的体系结构问题进行讨论,找出与 PSEE 演化可能的趋势与技术,并将其转移到实际应用之中。

图 3 是文[3]中提出的构造 PSEE 的一般体系结构模型,该模型是在 NIST/ECMA 参考模型^[4]上

的演化,一切以过程为中心,驱动环境工作。其特点是在这种环境中,通过替换不同的软件过程模型,或对同一模型的参数进行不同的实例化,就可配置成不同的软件工程环境。

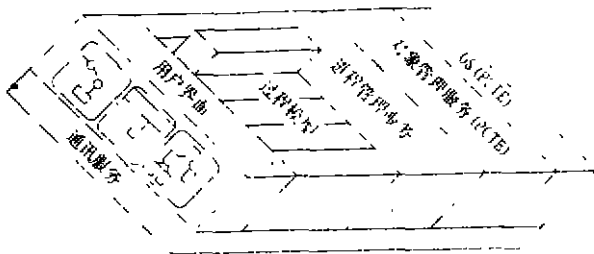


图 3

目前所构造的以过程为中心的软件工程环境大多处在原型阶段,很少有商业化产品,如 SPADE^[2], SMART^[11], MERLIN^[16], SinerVision^[6]等。

四、软件过程研究中的一些问题

1. 形式化

过程形式化是对过程进行分析、推理和执行的基础。形式化精确的建模语言不仅要表达语法的正确性、一致性与完备性,还应具有对过程模型进行更高层的分析能力,如过程状态的可达性、死锁检测、行为分析等。

对过程建模形式化的需求得到了 Osterweil 等人的大力推崇,其目标是推进软件过程的自动化^[5,14]。但 Lehman 等人的观点认为,过程的语义往往是不明确的,人在执行这些语义不确切的过程时要比机器展现更大的伸缩性^[18]。因此,如何将语义不明确的、灵活的过程形式化是过程形式化研究的难点之一。

2. 粒度

粒度的问题涉及到过程元素的大小,而采取较大粒度的压力就在于难以确保过程的精度。一般说来,粒度大的模型趋向于管理问题,如资源分配、进度规划、过程监控等;粒度小的模型更趋向于技术性问题,如完成某项开发任务的详细活动等。所以理想的情况是,建模形式化和支撑机制应能够容纳一个宽谱系的模型粒度,并允许开始的那些大粒度模型得到细化。

3. 以过程为中心的环境体系结构

构造以过程为中心的环境至少需要过程实施机

制与过程监控机制,但一个重要问题是提供的这些机制对现有环境存在的影响。目前,在构造以过程为中心的环境时一般有两种方式,其一是把对过程的支撑机制做成工具,插入到现有环境之中,如 Process VEAVER^[10];另一种方式是把这些机制作为特殊的基础实施服务,如 ALF 项目中对 PSEE 的研究^[3]。一般认为,对一真正的以过程为中心的环境来说,要使过程管理服务与其它环境服务进行完整的集成,需要对现有环境基础结构设施进行扩展,但如何扩展和在多大程度上扩展,尚未形成一致的标准。

4. 过程执行力度

人们出于不同的目的对过程执行会有不同的要求,如果提供的环境仅仅能对用户提供一些消极的建议或提示,而用户仍可自行其是,这就失去了过程控制的意义。若试图对用户的每一步都强加约束也是不实际的。PSEE 应在多大程度、以什么方式提供对用户不同程度的支持要求是一个难以平衡问题,对此问题的一种解决方案可能是在建模时说明执行力度,配合设施机制加以实现。

5. 过程捕获

过程捕获是指如何从现有运行过程中捕获和抽象其过程模型,因此,过程捕获是进行过程分析和改进的基础。目前对过程的研究大多集中于开发过程建模的表示系统与方法,对此实际问题关注甚少。实际上,过程捕获过程可作为一特殊过程,需建立其一般模型,并通过应用一定方法和工具来辅助完成,这一点可借鉴在需求获取研究中的许多方法和经验。

6. 过程改进与演化

过程改进与演化是与整个开发组织相关的一个综合性问题,对该问题的研究涉及几个相关的活动。首先需要捕获现有运行过程;第二,需要能够分析过程模型性能的技术与工具,包括定性分析与定量分析;第三,根据实际过程性能抽象信息以提供过程模型演化的反馈;第四,根据分析与反馈产生改进的过程模型;最后,开发组织需制定相应的策略,实施新过程。

结束语 软件界对软件过程重要性的认识源于 80 年代,1984 年在英国的 Runnymede 举行了首次软件过程国际研讨会(ISPW),迄今为止,这种小规模(一般不足 40 人)的会议已举行了九次。到了 90 年代,对软件过程研究的速度明显加快,自 1991 年至今已举行了三次软件过程国际会议(ICSP),同时欧洲也进行了五次软件过程技术研讨会(ESPWT),人们可以通过这些渠道交流软件过程研究的新问题

及近期经验。此外,IEEE 标准化委员会于1992年9月制定出“软件生存周期过程开发标准”,接着,ISO/IEC于1994年2月制定出“软件生存周期过程”标准草案,并于1994年8月投票通过。

软件过程作为一个新的研究的领域已得到越来越广泛的关注,其研究的根本目的在于通过改进软件生产过程,最终提高软件生产效率和产品质量。本文简要介绍了软件过程研究的主要内容,其中对过程建模的研究最早也最深入,相对来说在过程评价与改进方面的工作较少,在过程支持方面的工作主要是构造过程支持环境。本文还概括了软件过程的基本概念及过程框架,并探讨了过程研究领域若干问题。

北京大学计算机科学与技术系CASE研究室承担的国家“九五”重点科技攻关项目中,对过程建模方法、设施机制、过程控制等都进行了深入的研究,设计并实现了一个原型系统——青鸟过程管理系统JBspms^[9]。进一步的工作主要是研究和构造实用的过程驱动环境。

主要参考文献

- [1] S. Bandinelli, et al., Process Enactment in SPADE, Software Process Technology (EWSPT'92), LNCS-635, Springer-Verlag, 1992
- [2] S. Bandinelli, et al., The Architecture of the SPADE-1 Process-Centered SEE, Software Process Technology (EWSPT'94), LNCS-772, Springer-Verlag, 1994
- [3] G. Canals, et al., ALF: A Framework for Building Process-Centered Software Engineering Environments, Software Process Modeling and Technology, edited by A. Finkelstein et al., John Wiley & Sons Inc., 1994
- [4] M. Chen, et al., A Framework for Integrated CASE, IEEE Software, Mar. 1992
- [5] A. M. Christie, Software Process Automation, Springer, 1995
- [6] R. Conradi, et al., Concepts for Envolving Software Process, Same to [3]
- [7] B. Curtis, et al., Process Modeling, CACM, 35(9), 1992
- [8] M. Dowson, Software Process Themes and Issues Proc. 2th Intl. Conf. on Software Process, Berlin, ACM Press, 1993
- [9] P. H. Feiler and W. S. Humphrey, Software Process Development and Enactment: Concepts and Definitions, Same to [8]
- [10] C. Fernstrom, PROCESS WEAVER: Adding Process Support to UNIX, Same to [8]
- [11] P. K. Garg, et al., The SMART Approach for Software Process Engineering, Proc. of the 16th Intl. Conf. on Software Engineering, 1994
- [12] J. Herbsleb, et al., Benefits of CMM-Based Software Process, CMU/SEI-94-TR-013
- [13] W. Humphrey, Characterizing the Software Process: A Maturity Framework, IEEE Software, March, 1988
- [14] W. Humphrey, Introduction to Software Process Improvement, CMU/SEI-92-TR-007
- [15] G. Junkermann, et al., MERLIN: Supporting Cooperation in Software Development Through a Knowledge-Based Environment, Same to [3]
- [16] G. E. Kaiser, et al., Intelligent Assistance for Software Development and Maintenance, 5th Intl. Software Process Workshop, 1990
- [17] M. I. Kellner, Software Process Modeling Example, IEEE Software, May 1988
- [18] M. M. Lehman, Process Models, Process Programs, Programming Support, Proc. of the 9th Intl. Conf. on Software Eng. 1987
- [19] J. Lonchamp, A Structured Conceptual and Terminological Framework for Software Process Engineering, Same to [8]
- [20] S. Masters and C. Bothwell, CMM Appraisal Framework, Version 1.0, CMU/SEI-95-TR-001
- [21] I. R. McChesney, Toward a Classification Scheme for Software Process Modelling Approaches, Information and Software Technology, 37(7), 1995
- [22] Peiwei Mi, et al., Process Integration in CASE Environment, Same to [4]
- [23] Peiwei Mi, et al., A Knowledge-based Software Process Library for Process-driven Software Development, Proc. of the 7th Knowledge-based Software Engineering, 1992
- [24] L. Osterweil, Software Processes are Software too, Same to [18]
- [25] M. H. Penedo et al., Process-sensitive SEE Architecture (PSEEA) Workshop Summary, ACM SIGSOFT Software Eng. Notes, 18(3), 1993
- [26] M. Suzuki, T. Katayama, Meat-Operations in the Process Model HFSP for the Dynamics and Flexibility of Software Processes, First Intl. Conf. on Software Process, 1991
- [27] D. Welzel, A Rule-based Process Representation Technique for Software Process Evaluation, Information and Software Technology, 35(10), 1993
- [28] 刘述忠、邵维忠、梅宏、杨美清,青鸟Ⅱ型软件开发环境中的过程描述,第六届全国软件工程会议论文集, 1996, 5