

# 软件体系结构研究综述<sup>‡</sup>

孙昌爱, 金茂忠, 刘超

(北京航空航天大学 计算机科学与工程系, 北京 100083)

E-mail: sca@safepro.buaa.edu.cn

http://www.buaa.edu.cn

**摘要:** 近年来,软件体系结构逐渐成为软件工程领域的研究热点以及大型软件系统与软件产品线开发中的关键技术之一.归纳了软件体系结构技术发展过程及其主要研究方向.在分析了典型的软件体系结构概念之后,给出了软件体系结构的定义.通过总结软件体系结构领域的若干研究活动,提出了软件体系结构研究的两大思路,并从7个方面介绍了软件体系结构研究进展.探讨了软件体系结构研究中的不足之处,并分析其原因.作为总结,给出了软件体系结构领域最有前途的发展趋势.

**关键词:** 软件体系结构;基于体系结构的软件开发;软件体系结构描述语言;软件体系结构描述方法;软件体系结构演化;软件体系结构发现;软件体系结构分析;软件体系结构验证;特定域软件体系结构(DSSA)

中图法分类号: TP311

文献标识码: A

## 1 软件体系结构起源与发展

### 1.1 软件体系结构研究的必要性和重要意义

自 NATO 于 1968 年提出软件工程概念以来,软件工程界已经提出了一系列的理论、方法、语言和工具,解决了软件开发过程中的若干问题.但是,软件固有的复杂性、易变性和不可见性,使得软件开发周期长、代价高和质量低的问题依然存在.大量实践统计表明:大系统软件开发中 70% 的错误是由需求和软件设计阶段引入的;而且错误在系统中存在的时间愈长则愈难发现,解决这些错误的代价也愈高.

为了提高软件需求和软件设计的质量,软件工程界提出了需求分析工程技术和各种软件建模技术.但是在需求与设计之间仍存在一条很难逾越的鸿沟,即缺乏能够反映做决策的中间过程,从而很难有效地将需求转换为相应的设计.为此,软件体系结构概念应运而生,并试图在软件需求与软件设计之间架起一座桥梁,着重解决软件系统的结构和需求向实现平坦地过渡的问题.

从机器语言、汇编语言、过程式程序设计语言、面向对象程序设计语言、形式化(半形式化)规格说明语言(如体系结构描述语言)发展过程中,可以发现:计算机语言越来越适合于开发人员的思维活动模型,代码复用的级别也在不断地提升,如图 1 所示.体系结构技术的研究,使软件复用从代码复用发展到设计复用和过程复用.

鉴于软件体系结构的重要性,D.E.Perry 将软件体系结构视为软件开发中第 1 类重要的设计对象<sup>[1]</sup>,而 Barry Boehm 明确指出:“在没有设计出体系结构及其规则时,那么整个项目不能继续下去,而且体系结构应该看做是软件开发中可交付的中间产品”<sup>[2]</sup>.由此可见,体系结构在软件开发中为不同的人员提供了共同交流的语言,体现并尝试了系统早期的设计决策,并作为系统设计的抽象,为实现框架和构件的共享与复用、基于体系结构的软

<sup>‡</sup> 收稿日期: 2001-08-31; 修改日期: 2002-04-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60073005);国家高技术研究发展计划资助项目(2001AA110244;2001AA113162)

作者简介: 孙昌爱(1974-),男,江苏盐城人,博士生,主要研究领域为软件体系结构与构件技术,软件测试技术;金茂忠(1941-),男,上海人,教授,博士生导师,主要研究领域为软件测试,软件开发环境;刘超(1958-),男,北京人,教授,主要研究领域为软件测试,面向对象技术,软件开发环境.

件开发提供了有力的支持.

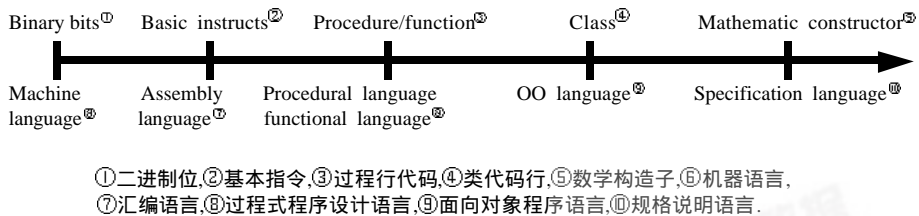


Fig.1 Illustration for evolution of computer language and promotion of reuse

图 1 计算机语言的变迁与复用的提升图示

## 1.2 软件体系结构的发展史

软件系统的规模在迅速增大的同时,软件开发方法也经历了一系列的变革.在此过程中,软件体系结构也由最初模糊的概念发展到一个渐趋成熟的技术.

20 世纪 70 年代以前,尤其是在以 ALGOL 68 为代表的高级语言出现以前,软件开发基本上都是汇编程序设计.此阶段系统规模较小,很少明确考虑系统结构,一般不存在系统建模工作.70 年代中后期,由于结构化开发方法的出现与广泛应用,软件开发中出现了概要设计与详细设计,而且主要任务是数据流设计与控制流设计.因此,此时软件结构已作为一个明确的概念出现在系统的开发中.

20 世纪 80 年代初到 90 年代中期,是面向对象开发方法兴起与成熟阶段.由于对象是数据与基于数据之上操作的封装,因而在面向对象开发方法下,数据流设计与控制流设计则统一为对象建模,同时,面向对象方法还提出了一些其他的结构视图.如在 OMT 方法中提出了功能视图、对象视图与动态视图(包括状态图和事件追踪图);而 BOOCH 方法中则提出了类视图、对象视图、状态迁移图、交互作用图、模块图、进程图;而 1997 年出现的统一建模语言 UML 则从功能模型(用例视图)、静态模型(包括类图、对象图、构件图、包图)、动态模型(协作图、顺序图、状态图和活动图)、配置模型(配置图)描述应用系统的结构.

90 年代以后则是基于构件的软件开发阶段,该阶段以过程为中心,强调软件开发采用构件化技术和体系结构技术,要求开发出的软件具备很强的自适应性、互操作性、可扩展性和可重用性.此阶段中,软件体系结构已经作为一个明确的文档和中间产品存在于软件开发过程中,同时,软件体系结构作为一门学科逐渐得到人们的重视,并成为软件工程领域的研究热点,因而 Perry 和 Wolf 认为,“未来的年代将是研究软件体系结构的时代!”<sup>[3]</sup>.

纵观软件体系结构技术发展过程,从最初的“无结构”设计到现行的基于体系结构软件开发,可以认为经历了 4 个阶段:(1)“无体系结构”设计阶段:以汇编语言进行小规模应用程序开发为特征;(2)萌芽阶段:出现了程序结构设计主题,以控制流图和数据流图构成软件结构为特征;(3)初期阶段:出现了从不同侧面描述系统的结构模型,以 UML 为典型代表;(4)高级阶段:以描述系统的高层抽象结构为中心,不关心具体的建模细节,划分了体系结构模型与传统的软件结构的界限,该阶段以 Kruchten 提出的“4+1”模型<sup>[4]</sup>为标志.由于概念尚不统一、描述规范也不能达成一致认识,在软件开发实践中软件体系结构尚不能发挥重要作用<sup>[5]</sup>,因此,我们认为软件体系结构技术达到成熟还需一段时日.

## 1.3 体系结构的主要研究方向

在基于构件和体系结构的软件开发方法下,程序开发模式也相应地发生了根本变化.软件开发不再是“算法+数据结构”,而是“构件开发+基于体系结构的构件组装”<sup>[6]</sup>.那么,如何描述、表示、设计体系结构?如何验证一个体系结构是否符合期望的系统需求?如何基于体系结构开发实例化的软件系统?将是基于构件和体系结构的软件开发方法所必须研究和解决的核心问题.归纳现有体系结构的研究活动,主要包括如下几个方面:

- (1) 体系结构理论模型的研究;
- (2) 体系结构描述研究,主要研究体系结构描述语言及其支持环境、体系结构描述规范;

- (3) 体系结构设计研究:包括体系结构设计方法、体系结构风格、体系结构设计空间等内容;
- (4) 体系结构分析与验证:研究如何将软件的非功能特性转化为体系结构的需求,如何分析体系结构满足期望的需求的属性,对体系结构的语法、语义、类型失配等进行检查与验证的研究;
- (5) 体系结构演化与复用研究:研究产品线中软件体系结构演进的理论与方法,从已有文档、系统设计和代码中逆向提取软件体系结构、体系结构复用等;
- (6) 动态体系结构研究:研究软件系统由于特殊需要必须在连续运营情况下的体系结构变化与支撑平台;
- (7) 基于体系结构的软件开发:研究引入体系结构后的软件开发过程、基于体系结构开发与中间技术集成、基于体系结构的程序框架自动生成技术等。

## 2 软件体系结构的研究现状

### 2.1 软件体系结构的有关定义

若干软件体系结构学者提出了自己的概念与定义,我们将介绍几个具有代表性的定义,并分析其共同点.然后,根据我们对软件体系结构的理解,给出能够反映软件体系结构基本特征的定义.

定义 1. Garlan & Shaw 模型<sup>[7]</sup>:

$$SA=\{\text{components, connectors, constrains}\}.$$

构件(component)可以是一组代码,如程序的模块;也可以是一个独立的程序,如数据库的 SQL 服务器.连接器(connector)表示构件之间的相互作用.它可以是过程调用、管道、远程过程调用等.一个软件体系结构还包括某些限制(constrain).该模型视角是程序设计语言,构件主要是代码模块.

定义 2. Perry & Wolf 模型<sup>[1]</sup>:

$$SA=\{\text{elements, form, rational}\}.$$

软件体系结构是由一组元素(elements)构成.这组元素分成 3 类:处理元素(processing elements)、数据元素(data elements)和连接元素(connecting elements).软件体系结构形式(form)是由专有特性(properties)和关系(relationship)组成.专有特性用于限制软件体系结构元素的选择,关系用于限制软件体系结构元素组合的拓扑结构.而在多个体系结构方案中选择合适的体系结构方案往往基于一组准则(rational).

定义 3. CFRP 模型<sup>[8]</sup>:

$$SA=\{\text{elements, interfaces, connections, connection semantics}\}.$$

软件系统由一组元素构成(elements).这组元素分成处理元素和数据元素.每个元素有一个接口(interface),一组元素的互连(connection)构成系统的拓扑.元素互连的语义是:静态互连语义(如数据元素的互连),描述动态连接的信息转换的协议(如过程调用,管道等).

定义 4. Vestal 模型<sup>[9]</sup>:

$$SA=\{\text{component, idioms/styles, common patterns of interaction}\}.$$

软件由构件(component)组成,构件之间通过通用的互操作模式相连.体系结构风格(style)描述了一种通用的设计模式,可满足特定系列的应用需求.

定义 5. IEEE 610.12-1990 软件工程标准词汇中的定义<sup>[10]</sup>:

$$\text{Architecture}=\{\text{component, connector, environment, principle}\}.$$

体系结构是以构件、构件之间的关系、构件与环境之间的关系为内容的某一系统的基本组织结构,以及指导上述内容设计与演化的原理.

定义 6. Boehm 模型<sup>[11]</sup>:

$$SA=\{\text{components, connections, constraints, stakeholders' needs, rationale}\}.$$

软件体系结构包含系统构件、连接件、约束的集合;反应不同人员需求的集合;以及能够展示由构件、连接件和约束所定义的系统在实现时如何满足系统不同人员需求的原理的集合.

比较上述各种体系结构的定义可以发现:定义 1 和定义 3 都强调了体系结构是由构件、连接件及其约束(或

连接语义),即从构造的角度来审视软件体系结构.而定义 2 和定义 4 侧重于从体系结构风格、模式和规则等角度来考虑软件体系结构,采用的是一种俯瞰的视角.定义 5 不仅强调了体系结构系统的基本构成,同时还强调了体系结构的环境即与外界的交互.定义 6 则强调了软件体系结构是一组概念以及关于软件系统结构的设计决策,用来使得开发的系统在体系结构上满足重要的功能与质量需求.尽管各种定义都从不同的角度关注软件体系结构,但其核心内容都是软件系统的结构,并且都涵盖了如下一些实体:构件、构件之间的交互关系、限制、构件和连接件构成的拓扑结构、设计原则与指导方针.

根据我们对软件体系结构的理解,将软件体系结构定义为“在软件密集的大规模系统或具有类似需求和结构的软件产品线的开发中,必须从一个较高的层次来考虑组成系统的构件、构件之间的交互,以及由构件与构件交互形成的拓扑结构,这些要素应该满足一定的限制,遵循一定的设计规则,能够在一定的环境下进行演化.而且,软件体系结构应能反映系统开发中具有重要影响的设计决策,便于各种人员的交流,反映多种关注,据此开发的系统能完成系统既定的功能和性能需求.”

## 2.2 软件体系结构研究的不同思路

实践表明:一个好的体系结构是系统开发成功的重要因素.但由于对软件体系结构的不同见解,不仅导致了上节讨论的软件体系结构的概念分歧,也使得研究内容和研究途径呈现很大的差异.

归纳起来,目前体系结构研究可以分为典型的两种派别:学院派与实用派.学院派研究者侧重于软件体系结构形式化理论研究.实用派研究者将软件体系结构设计、描述与表示同传统的软件系统建模视为一体.因此,将软件建模技术直接用来描述软件体系结构.典型的思路是:将 UML 可视化建模技术直接用来表示软件体系结构.两种体系结构研究思路的比较见表 1.

**Table 1** Comparison of two different research approaches to software architecture

表 1 两种不同的体系结构研究思路比较

Academic approach <sup>①</sup>	Industrial approach <sup>②</sup>
Concerns with analysis and evaluation on architectural model <sup>③</sup>	Concerns with broad development issues <sup>④</sup>
Single mode <sup>⑤</sup>	Multiple architectural views <sup>⑥</sup>
Rigorous modeling token <sup>⑦</sup>	Emphasis on more practicality than rigorousness <sup>⑧</sup>
Powerful analysis technique <sup>⑨</sup>	View architecture as blueprint of development <sup>⑩</sup>
Solution for special goal <sup>⑪</sup>	Solution for general goal <sup>⑫</sup>
Ignore implementation <sup>⑬</sup>	Related with implementation closely <sup>⑭</sup>

①学院派研究思路,②实用派研究思路,③关注体系结构模型的解析与评估,④单个模型,⑤严格的建模符号,⑥强有力的分析技术,⑦专门目标的解决方案,⑧与实现无关,⑨关注广泛范围内的开发问题,⑩多个模型集,⑪强调的是实践可行性而非精确性,⑫将体系结构看成是开发中的一幅蓝图,⑬通用目的的解决方案,⑭考虑实现.

## 2.3 软件体系结构研究的主要内容与进展

目前,软件体系结构研究活动主要集中在如下几个领域:

### (1) 软件体系结构描述语言 ADL

提出了若干适用于特定领域的 ADL.典型的有:C2 是一种基于构件和消息的 ADL,适用于大型频繁交互的层次型图形用户界面的软件的体系结构描述<sup>[12]</sup>;Darwin<sup>[13]</sup>和 Wright<sup>[14]</sup>分别将 $\pi$ 演算和 CSP 作为其数学基础,适用于分布、并发类型的体系结构描述;ACME 是一种体系结构互换语言,支持从一种 ADL 向另一种 ADL 规格说明转换.其他比较有影响的 ADL,如 Aesop,Unicon,Rapide,SADL,MetaH,Weaves 等.在体系结构描述语言研究方面,国内的一些学者则相应地提出了几种比较有特色的体系结构描述语言,如基于框架和角色模型的软件体系结构规约 FRADL<sup>[15]</sup>,多智能体系统体系结构描述语言 A-ADL<sup>[16]</sup>,可视化体系结构描述语言 XYX/ADL<sup>[17]</sup>,基于主动连接件的体系结构描述语言 Tracer<sup>[18]</sup>等.Shaw 和 Garlan 则倡导将连接件作为 ADL 中第一类实体,同时还提出一个好的 ADL 的框架应具备如下几个方面的特点,即组装性、抽象性、重用性、可配置、异构性、可分析.在此基础上,Medvidovic 提出了一种 ADL 的分类和比较框架<sup>[19]</sup>,详细分析了多种典型的 ADL 的优点与不足.我们认为 Medvidovic 的工作应该算是对当前 ADL 研究的最全面的总结,并为将来的 ADL 的开发提供了很有价值的参考建议.



## (2) 体系结构描述构造与表示

按照一定的描述方法,用体系结构描述语言对体系结构进行说明的结果则称为体系结构的表示,而将描述体系结构的过程称为体系结构构造.在体系结构描述方面,Kruchten 提出的“4+1”模型<sup>[4]</sup>是当前软件体系结构描述的一个经典范例,该模型由逻辑视图、开发视图、过程视图和物理视图组成,并通过场景将这 4 个视图有机地结合起来,比较细致地描述了需求和体系结构之间的关系.

而 Booch 则从 UML 的角度给出了一种由设计视图、过程视图、实现视图和布署视图,再加上一个用例视图构成的体系结构描述模型.Medvovonic 则总结了用 UML 描述体系结构的 3 种途径:不改变 UML 用法而直接对体系结构建模;利用 UML 支持的扩充机制扩展 UML 的元模型实现对体系结构建模概念的支持;对 UML 进行扩充,增加体系结构建模元素.于卫等人研究了其中的第 2 种方案,其主要思路是提炼 5 个软件体系结构的核心部件,利用 UML 的扩充机制中的一种给出了相应的 OCL 约束规则的描述,并且给出了描述这些元素之间关系的模型<sup>[20]</sup>.

IEEE 于 1995 年成立了体系结构工作组(AWG),综合了体系结构描述研究成果,并参考业界的体系结构描述的实践,起草了体系结构描述框架标准即 IEEE P1471<sup>[21]</sup>.

Rational 从资产复用的角度提出了体系结构描述的规格说明框架(architectural description specification)<sup>[22]</sup>,该建议草案已经提交给 OMG,可望成为体系结构描述的规范.IEEE P1471 和 Rational RAS 中的 ADS,都提出了体系结构视点(viewpoint)的概念,并从多个视点描述体系结构的框架.但问题在于:一个体系结构应该从哪几个视点进行考虑?每个视点由哪些视图构成?各种视点应当使用哪种体系结构描述语言,以及采用哪些体系结构建模和分析技术等问题都未解决.

综上所述,虽然 UML 作为一个工业化标准的可视化建模语言,支持多角度、多层次、多方面的建模需求,支持扩展,并有强大的工具支持,确实是一种可选的体系结构描述语言,但是根据 Medvovonic 给出的体系结构语言的框架,UML 不属于体系结构描述语言的范畴.事实上,判断一个语言是否适合用作体系结构描述语言的关键在于,它能否表达体系结构描述语言应该表达的概念与抽象,如果需要转化,其复杂性如何.

## (3) 软件体系结构分析、设计与验证

体系结构是对系统的高层抽象,并只对感兴趣的属性进行建模.由于体系结构是在软件开发过程之初产生的,因此设计优质的体系结构可以减少和避免软件错误的产生和维护阶段的高昂代价.体系结构是系统集成的蓝本、系统验收的依据,体系结构本身需要分析与测试,以确定这样的体系结构是否满足需求.体系结构分析的内容可分为结构分析、功能分析和非功能分析.而在进行非功能分析时,可以采用定量分析方法与推断的分析方法.在非功能分析的途径上,则可以采用单个体系结构分析与体系结构比较的分析方法.Kazman 等人提出了一种非功能分析的体系结构分析方法 SAAM<sup>[23]</sup>,并运用场景技术,提出了基于场景的体系结构分析方法<sup>[24]</sup>,而 Barbacci 等人则提出了多质量属性情况下的体系结构质量模型、分析与权衡方法 ATAM<sup>[25]</sup>.

体系结构测试着重于仿真系统模型,解决体系结构层的主要问题.由于测试的抽象层次不同,体系结构测试策略可以分为单元/子系统/集成/验收测试等阶段的测试策略.在体系结构集成测试阶段,Debra 等人提出一组针对体系结构的测试覆盖准则,如构件覆盖准则等<sup>[26]</sup>;文献<sup>[27]</sup>给出了基于霍尔公理的构件设计正确性验证技术,Paola Inveradi 则提出一种基于 CHAM 的体系结构动态语义验证技术<sup>[28]</sup>.

生成一个满足软件需求的体系结构的过程即为体系结构设计.体系结构设计过程的本质在于:将系统分解成相应的组成成分(如构件、连接件);并将这些成分重新组装成一个系统.具体说来,体系结构设计有两大类方法:过程驱动方法和检查列表驱动方法.前者包括:(a) 面向对象方法,与 OOA/OOD 相似,但更侧重接口与交互;(b) “4+1”模型方法<sup>[5]</sup>;(c) 基于场景的迭代方法.应该说,基于过程驱动的体系结构设计方法适用范围广,易于裁剪,具备动态特点,通用性与实践性强.而问题列表驱动法,其基本思想就是枚举设计空间、并考虑设计维的相关性,以此来选择体系结构的风格.显然,该方法适用于特定领域,是静态的,并可以实现量化体系结构设计空间.如 Allen 博士的论文专门研究了用户界面类的量化设计空间,提出了 19 个功能维,26 个结构维,622 条设计规则<sup>[29]</sup>.

体系结构设计研究的重点内容之一就是体系结构风格或者说是体系结构模式,体系结构模式在本质上反

映了一些特定的元素、按照特定的方式组成一个特定的结构,该结构应有利于上下文环境下的特定问题的解决.体系结构模式分为两大类:固定术语和参考模型<sup>[30]</sup>.已知的固定术语类的体系结构模式包括管道过滤器、客户服务器、面向对象、黑板、分层、对等模式(基于事件调用方法,隐式调用,基于推模式)、状态转换,以及一些派生的固定术语类的体系结构模式,包括 GenVoca, C2, REST;而参考模型则相对较多,常常与特定领域相关,如编译器的顺序参考模型和并行参考模型、信息系统的参考模型、航空模拟环境系统的参考模型等等.尚未解决的一个问题是:体系结构风格(模式)与领域之间的关系是什么?即是不是特定的领域就必须采用某种体系结构风格.我们认为,体系结构在某个领域的成功应用标志着这个领域的相对成熟.

应该说,体系结构分析、设计和验证已经取得了很丰富的研究成果,但是这些方法存在着一个普遍缺点:可操作性差,难于实用化,因此并没有取得很好的实践效果.

#### (4) 软件体系结构发现、演化与复用

软件体系结构发现解决如何从已经存在的系统中提取软件的体系结构,属于逆向工程范畴.文献[31]提出了一种类似于“盲人摸象”的迭代式体系结构发现过程,即由不同的人员对系统进行描述,然后对这些描述进行分类并融合,发现并解除冲突,将体系结构新属性加入到已有的体系结构模型中,并重复该过程直至体系结构描述充分.

由于系统需求、技术、环境、分布等因素的变化而最终导致软件体系结构的变动,称之为软件体系结构演化.软件系统在运行时刻的体系结构变化称为体系结构的动态性,而将体系结构的静态修改称为体系结构扩展.体系结构扩展与体系结构动态性都是体系结构适应性和演化性的研究范畴.可以用多值代数或图重写理论来解释软件体系结构的演化,文献[32]专门研究系统的动态可配置特性,提出了电信软件体系结构动态修改的方案.体系结构的动态性分为有约束的和无约束的以及结构动态性和语义动态性. Darwin 和 C2 都直接支持结构动态性,而 CHAM, Wright, Rapide 支持语义动态性.在 C2 中定义有专门支持体系结构修改的描述语言 AML,而 Darwin 对体系结构的修改则采用相应的脚本语言, CHAM 是通过多值演算实现系统体系结构的变换, Wright 是通过顺序通信进程 CSP 描述构件的交互语义.

体系结构复用属于设计复用,比代码复用更抽象.一般认为易于复用的标准包括:领域易于理解,变化相对慢,内部有构件标准,与已存在的基础设施兼容,在大规模系统开发时体现规模效应.由于软件体系结构是系统的高层抽象,反映了系统的主要组成元素及其交互关系,因而较算法更稳定,更适合于复用.鉴于软件体系结构是应大系统开发和软件产品线技术而出现的,在其二者之间,我们认为:产品线中的体系结构复用将更有现实意义,并具有更大的相似性.体系结构模式就是体系结构复用研究的一个成果,而体系结构参考模型则是特定域软件体系结构的复用的成熟的象征.文献[33]采用扩展数据流技术 EDFG,并通过 EDFG 的细化与规格说明,实现了系统与构件的构造过程,得出相应的体系结构是易于复用的结论.

总之,复用技术作为软件工程领域倡导的有效技术之一,在基于构件与体系结构的软件开发时代,软件体系结构复用将是一个重要的主题.

#### (5) 基于体系结构的软件开发方法研究

本质上,软件体系结构是对软件需求的一种抽象解决方案.在引入了体系结构的软件开发之后,应用系统的构造过程变为“问题定义→软件需求→软件体系结构→软件设计→软件实现”,可以认为软件体系结构架起了软件需求与软件设计之间的一座桥梁.而在由软件体系结构到实现的过程中,借助一定的中间件技术与软件总线技术,软件体系结构将易于映射成相应的实现. Bass 等人提出了一种基于体系结构的软件开发过程<sup>[34]</sup>,而文献[35]则提出了基于体系结构的开发模型中软件体系结构的生命周期模型,文献[36]讨论了一种以 6 个体系结构视图为中心的软件开发方式.

在基于构件和基于体系结构的软件开发逐渐成为主流的开发方法的情况下,已经出现了基于构件的软件工程.但是,对体系结构的描述、表示、设计和分析以及验证等内容的研究还相对不足,随着需求复杂化及其演进,切实可行的体系结构设计规则与方法将更为重要.

#### (6) 特定领域的体系结构 DSSA

鉴于特定领域的应用具有相似的特征,因而经过严格设计,并将直觉的成分减少到最少程度,可以有效地实

现复用,并可借鉴领域中已经成熟的体系结构.Rick Hayes-Roth 和 Will Tracz 分别对特定域的体系结构给出了不同的定义.Rick Hayes-Roth 更侧重于 DSSA 的特征,强调系统有构件组成,适用于特定领域,有利于开发成功应用程序的标准结构;Will Tracz 更侧重于 DSSA 的组成要素,指出 DSSA 应该包括领域模型、参考需求、参考体系结构、相应的支持环境或设施、实例化、细化或评估的方法与过程.两种 DSSA 定义都强调了参考体系结构的重要性.

特定领域的体系结构是将体系结构理论应用到具体领域的过程.常见的 DSSA 有:电信软件的体系结构研究<sup>[37]</sup>、CASE 体系结构、CAD 软件的参考模型、测试环境的体系结构<sup>[38]</sup>、信息系统的参考体系结构、网络体系结构 DSSA、机场信息系统的体系结构、信号处理 DSSA 等.

### (7) 软件体系结构支持工具

基本上,每种体系结构都有相应的原型支持工具,如 UniCon, Aesop 等体系结构支持环境, C2 的支持环境 ArchStudio, 支持主动连接件的 Tracer 工具.另外,支持体系结构分析的工具,如支持静态分析的工具、支持类型检查的工具、支持体系结构层依赖分析的工具、支持体系结构动态特性仿真工具、体系结构性能仿真工具等.但与其他成熟的软件工程环境相比,软件体系结构设计的支持工具还很不成熟,难于实用化.

## 3 软件体系结构研究存在的不足

尽管自 1994 年召开了首届软件体系结构国际研讨会以来,软件体系结构研究领域取得了上述的若干成果,但在应用方面,软件体系结构仍然很不成熟. Medvovonic 认为,目前对软件体系结构的理解还仅限于直观、或当作稀奇事、或当作民间传说;语义丰富但不严谨.而第 2 届产品线系统的体系结构开发与演化国际研讨会的总结报告认为,体系结构似乎没有解决实际问题<sup>[5]</sup>.由此可见,若要有效地指导软件工程实践、为软件开发提供一个好的结构及其设计结构的指导原则,软件体系结构研究还有若干问题需要解决.

总结对软件体系结构的研究,我们认为存在如下不足:

(1) 缺乏统一的软件体系结构的概念,导致体系结构的研究范畴模糊.例如,学院派研究者着重考虑体系结构强大的分析能力,而实用派研究者则过多强调体系结构应该直接支持系统的实现.概念的不统一导致设计人员交流上的困难,不利于支持工具的研制,不利于软件体系结构的应用.

(2) ADL 繁多,缺乏统一的 ADL 的支持.尽管 Shaw 等人提出了体系结构互换语言 ACME,但没有统一的体系结构描述语言框架与定义,不同体系结构描述语言所描述的体系结构规格说明难以互换. N. Medvovonic 在分析现存的多种典型 ADL 基础上尝试提出 ADL 的定义与分类框架,基于该定义与分类框架可以研究并提出统一的 ADL.

(3) 软件体系结构研究缺乏统一的理论模型支持.尽管提出了若干体系结构语言与其相应的理论模型,但还不能系统地解释软件体系结构中的重要概念.

(4) 在体系结构描述方面,尽管出现了多种标准规范或建议标准,但仍很难操作.例如必要的视图、视点集、或视图之间的映射关系还没有完全解决.

(5) 有关软件体系结构性质的研究尚不充分.不能明确给出一个良体系结构的属性或判定标准,没有给出良软件体系结构的设计指导原则,因而对于软件开发实践缺乏有力的促进作用.

(6) 缺乏有效的支持环境.软件体系结构理论研究与环境支持不同步,缺乏有效的体系结构分析、设计、仿真和验证工具支持,导致体系结构应用上的困难.例如,提出了体系结构描述语言,但往往是复杂的形式化规约且没有开发出相应的支持工具;即使有了支持工具,也无法与其他开发工具有效地集成,导致这种体系结构构造活动在软件开发中是孤立的,也就失去了体系结构的应用意义.

(7) 缺乏有效的体系结构复用方案,尽管体系结构是一种高层的系统抽象,并且具有相对的稳定性,但是体系结构又是经验与设计知识的体现,如何说明体系结构,重用已有体系结构的过程、体系结构演化等问题,尚未很好地解决.

(8) 体系结构发现方法研究相对欠缺.由于系统维护、系统演进、环境变化等因素,因此有必要从那些尚不存在体系结构规格说明的系统中逆向提取和恢复系统的体系结构规格说明,即体系结构逆向发现.我们认为,

该领域研究很不成熟,基本上鲜有研究,尚未发现比较可行的体系结构发现方法。

## 4 总 结

软件体系结构研究作为软件工程中一个正在兴起的基础研究领域,将软件系统的结构信息独立于算法与数据,创建满足系统需要的结构,定义系统结构方面的重要方面(如系统的负荷等),并提供系统开发的框架。同时,试图在系统开发的早期阶段研究系统实现时的若干重要的质量属性。

目前,软件体系结构领域研究依然非常活跃。如 Barry Bohem 在南加州大学专门成立了软件体系结构研究组,曼彻斯特大学专门成立了软件体系结构研究所。同时,业界许多著名企业的研究中心也将软件体系结构作为重要的研究内容。如由 IBM、Nokia、ABB 等企业联合一些大学研究嵌入式系统的体系结构项目<sup>[5]</sup>。国内也有不少的机构在从事软件体系结构方面的研究,如北京大学软件工程研究所一直从事基于体系结构软件组装的工业化生产方法与平台的研究,北京邮电大学则研究了电信软件的体系结构<sup>[37]</sup>,国防科学技术大学推出的 CORBA 规范实现平台为体系结构研究提供了基础设施所需的中间件技术。

针对软件体系结构发展趋势,Clements 预测在未来的 5~10 年内软件体系结构研究将围绕如下 5 个方向展开<sup>[39]</sup>:体系结构创建与选择;体系结构表示;体系结构分析;基于体系结构开发;体系结构演化。而 Perry 在 IFIP 2000 年世界计算机大会主题演讲中认为,最为重要的 3 个研究方向是:体系结构风格、体系结构连接件和动态体系结构<sup>[1]</sup>。此外,我们认为:基于体系结构的实用软件开发方法及相应的支撑环境将是软件体系结构研究的一个重要方向。

## References:

- [1] Perry, D.E. Software engineering and software architecture. In: Feng, Yu-lin, ed. Proceedings of the International Conference on Software: Theory and Practice. Beijing: Electronic Industry Press, 2000. 1~4.
- [2] Boehm, B. Engineering context (for software architecture), invited talk, In: Garlan D., ed. Proceedings of the 1st International Workshop on Architecture for Software Systems Seattle. New York: ACM Press, 1995. 1~8.
- [3] Perry, D.E., Wolf, A.L. Foundations for the study of software architecture. ACM SIGSOFT Software Engineer Notes, 1992,17(4): 40~50.
- [4] Kruchten, P.B. The 4+1 view model of architecture. IEEE Software, 1995,12(6):42~50.
- [5] Clements, P.C., Weideman, N. Report on the 2nd international workshop on development and evolution of software architectures for product families. Technique Report, CMU/SEI-98-SR-003, Carnegie Mellon University, 1998.
- [6] Yang Fu-qing. Software reuse and related technology. Computer Science, 1999,26(5):1~4 (in Chinese).
- [7] Garlan, D., Shaw, M. An introduction to software architecture. Technique Report, CMU/SEI-94-TR-21, Carnegie Mellon University, 1994.
- [8] The Boeing Company-Defense and Space Group. STARS conceptual framework for reuse processes, lockheed martin tactical defense system. STARS Program Technical Report, 1994.
- [9] Vestal, S. A cursory overview and comparison of four architecture description languages. Honeywell Technology Center Technical Report, 1993. <http://www.ast.tds-gn.lmco.com/arch/four-adl.ps>.
- [10] IEEE. IEEE Glossary of Software Engineering Terminology, 610.12-1990, 1998.
- [11] Gacek, C., Abd-Allah, A., Clark, B.K., *et al.* On the definition of software system architecture. In: Garlan D., ed. Proceedings of the 1st International Workshop on Architecture for Software Systems. New York: ACM Press. 1995. 85~95.
- [12] Medvidovic, N., Rosenblum, D.S., Taylor, R.N. A language and environment for architecture-based software development and evolution. In : Proceedings of the 21st International Conference Software Engineering (ICSE'99). 1999. 44~53. <http://www.ics.uci.edu/~dsr/icse99-dradel.pdf>.
- [13] Magee, J., Kramer, J. Dynamic structure in software architectures. In: Kaiser, G.E., ed. Proceedings of the ACM SIGSOFT'96: the 4th Symposium, Foundations of Software Engineering (FSE4). New York: ACM Press, 1996. 3~14.
- [14] Allen, R., Garlan, D. A formal basis for architectural connection. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology, 1997,6(3):213~249.



- [15] Feng, Tie, Zhang, Jia-cheng, Chen, Wei, *et al.* Software architecture specification based on framework and role model. *Journal of Software*, 2000,11(8):1078~1086 (in Chinese).
- [16] Ma, Jun-tao, Fu, Shao-yong, Liu, Ji-ren. A-Adl: an ADL for multi-agent system. *Journal of Software*, 2000,11(10):1382~1389 (in Chinese).
- [17] Luo, Hua-jun, Tang, Zhi-song, Zheng, Jian-dan. An visual ADL:XYZ/ADL. *Journal of Software*, 2000,11(8):1024~1029 (in Chinese).
- [18] Zhang, Jia-cheng, Feng, Tie, Chen, Wei, *et al.* Software architecture based on active connector and its description. *Journal of Software*, 2000,11(8):1047~1052 (in Chinese).
- [19] Medvidovic, N., Richard, N.T. A classification and comparison framework for software architecture description languages. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 2000,26(1):70~93.
- [20] Yu, Wei, Yang, Wei-hai, Cai, Xi-yao. Research on software architecture description. *Computer Research and Development*, 2000, 37(10):1185~1191 (in Chinese).
- [21] IEEE ARG. IEEE's Recommended Practice for Architectural Description, IEEE P1471-2000, 2000.
- [22] Rational, Reusable Asset Specification, Technical Report, 1999. <http://www.Rational.com/publications>.
- [23] Kazman, R., Bass, L., Abowd G., *et al.* SAAM: a method for analyzing the properties of software architectures. In: *Proceedings of the ICSE 16*. CA: IEEE Computer Society, 1994. 81~90. <http://fp.ieeexplore.ieee.org/iel4/981/7343/00296768.pdf>.
- [24] Kazman, R., Bass, L., Abowd, G., *et al.* Scenario-Based analysis of software architectures. *IEEE Software*, 1996. 47~55.
- [25] Mario, R., Barbacci, S., Jeromy, C., *et al.* Steps in an architecture tradeoff analysis method: quality attribute models and analysis. Technical Report, CMU/SEI-97-TR-029, Carnegie Mellon University, 1997.
- [26] Debra, J.R., Alexander, L.W. Software testing at the architecture level. In: *Proceedings of the ISAW*. 1996. 68~71. <http://www.ics.uci.edu/~djr/papers.html>.
- [27] Yun, Xiao-chun, Fang, Bin-xing. Verify correctness based on component design. *Mini Micro System*, 1999,20(5):330~334. (in Chinese)
- [28] Inveradi, P., Wolf, A.L., Daniel, Y. Behavioral type checking of architectural component based on assumptions. Technical Report, 1998. <http://www.sei.cmu.edu/publications/cu-cs-861-98.ps>.
- [29] Allen, R. A formal approach to software architecture. Technical Report, CMU-CS-97-144, Carnegie Mellon University, 1997.
- [30] Shaw, M., Garlan, D. *Software Architecture*. Tsinghua University Press/Prentice Hall, 1997.
- [31] Waters, B., Rugaber, S., Abowd, G. Architectural synthesis: integrating multiple architectural perspective. In: *Proceedings of the 5th IEEE Working Conference on Reverse Engineering (WCRE)*. CA: IEEE Computer Society Press, 1999. 2~12. <http://fp.ieeexplore.ieee.org/iel5/6543/17465/00806942.pdf>.
- [32] Esteban, J.A., Pinlla, J.M., Uriel, M.R. Software architecture for reconfigurable systems. *Electrical Communication*, 1990, 64(4):334~340.
- [33] Li, Hai-kuan, Katwijk, J.V., Levy, A.M. The reuse of software design and software architecture. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*. CA: IEEE Computer Society Press, 1992. 170~177. <http://fp.ieeexplore.ieee.org/iel5/413/5910/00227932.pdf>.
- [34] Bass, L., Kazman, R. Architecture-Based development. Technical Report CMU/SEI-99-TR-007, Carnegie Mellon University, 1999.
- [35] Zhou, Ying-xin, Ai, Bo. Research on modeling software architecture. *Journal of Software*, 1998,9(11):866~872 (in Chinese).
- [36] Tao, Wei. Architecture-Centric software product line development [Ph.D. Thesis]. Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 1999 (in Chinese).
- [37] Zhou, Ying-xin. Research on the software architecture of telecommunication [Ph.D. Thesis]. Beijing University of Posts and Telecommunications, 1997 (in Chinese).
- [38] Sun, Chang-ai, Liu, Chao, Jin, Mao-zhong, *et al.* Architecture framework for software test tool. In: Chen, Ping, ed. *Proceedings of the 36th International Conference on Technology of Object-Oriented Languages and Systems (TOOLS-Asia 2000)*. CA: IEEE Computer Society Press, 2000. 40~47.
- [39] Clements, P.C., Northrop, L.M. Software architecture: an executive overview. Technical Report, CMU/SEI-96-TR-003, Carnegie Mellon University, 1996.

## 附中文参考文献:

- [6] 杨芙清. 软件复用及相关技术. 计算机科学, 1999, 26(5): 1~4.
- [15] 冯铁, 张家晨, 陈伟, 等. 基于框架和角色模型的软件体系结构规约. 软件学报, 2000, 11(8): 1078~1086.
- [16] 马俊涛, 傅韶勇, 刘积仁. A-Adl: 一种多智能体系统体系结构描述语言. 软件学报, 2000, 11(10): 1382~1389.
- [17] 骆华俊, 唐稚松, 郑建丹. 可视化体系结构描述语言 XYZ/ADL. 软件学报, 2000, 11(8): 1024~1029.
- [18] 张家晨, 冯铁, 陈伟, 等. 基于主动连接的软件体系结构及其描述方法. 软件学报, 2000, 11(8): 1047~1052.
- [20] 于卫, 杨卫海, 蔡希尧. 软件体系结构的描述方法研究. 计算机研究与发展, 2000, 37(10): 1185~1191.
- [27] 云晓春, 方滨兴. 基于构件设计的正确性验证. 小型微型计算机系统, 1999, 20(5): 330~334.
- [35] 周莹新, 艾波. 软件体系结构建模研究. 软件学报, 1998, 9(11): 866~872.
- [36] 陶伟. 以体系结构为中心软件产品线开发[博士学位论文]. 北京: 北京航空航天大学, 1999.
- [37] 周莹新. 电信软件体系结构的研究[博士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 1997.

## Overviews on Software Architecture Research<sup>1</sup>

SUN Chang-ai, JIN Mao-zhong, LIU Chao

(Department of Computer Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

E-mail: sca@safepro.buaa.edu.cn

<http://www.buaa.edu.cn>

**Abstract:** Software architecture (SA) is emerging as one of the primary research areas in software engineering recently and one of the key technologies to the development of large-scale software-intensive system and software product line system. The history and the major direction of SA are summarized, and the concept of SA is brought up based on analyzing and comparing the several classical definitions about SA. Based on summing up the activities about SA, two categories of study about SA are extracted out, and the advancements of researches on SA are subsequently introduced from seven aspects. Additionally, some disadvantages of study on SA are discussed, and the causes are explained at the same time. Finally, it is concluded with some significantly promising tendency about research on SA.

**Key words:** software architecture; architecture-based development; architecture description language; architectural representation and description; architectural evolution and reuse; architectural discovery; architectural analysis; architectural verification and evaluation; domain-specific software architecture (DSSA)

---

<sup>1</sup> Received August 31, 2001; accepted April 25, 2002

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60073005; the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant Nos.2001AA110244, 2001AA113162

作者: [孙昌爱](#), [金茂忠](#), [刘超](#)  
作者单位: [北京航空航天大学, 计算机科学与工程系, 北京, 100083](#)  
刊名: [软件学报](#) [ISTIC](#) [EI](#) [PKU](#)  
英文刊名: [JOURNAL OF SOFTWARE](#)  
年, 卷(期): 2002, 13 (7)  
被引用次数: 284次

## 参考文献(49条)

1. [Perry D E Software engineering and software architecture](#) 2000
2. [Boehm B Engineering context \(for software architecture\), invited talk](#) 1995
3. [Perry D E; Wolf A L Foundations for the study of software architecture](#) 1992 (04)
4. [Kruchten P B The 4+1 view model of architecture](#) [外文期刊] 1995 (06)
5. [Clements P C; Weiderman, N Report on the 2nd international workshop on development and evolution of software architectures for product families](#) 1998
6. [Yang Fu-qing Software reuse and related technology](#) 1999 (05)
7. [Garlan D; Shaw, M An introduction to software architecture](#) 1994
8. [The Boeing Company-Defense STARS conceptual framework for reuse processes lockheed martin tactical defense system](#) 1994
9. [Vestal S A cursory overview and comparison of four architecture description languages](#) 1993
10. [IEEE 查看详情](#) 1998
11. [Gacek C; Abd-Allah, A; Clark, B. K On the definition of software system architecture](#) 1995
12. [Medvidovic N; Rosenblum, D. S; Taylor, R. N A language and environment for architecture-based software development and evolution](#) [外文会议] 1999
13. [Magee J; Kramer, J Dynamic structure in software architectures](#) 1996
14. [Allen R; Garlan, D A formal basis for architectural connection](#) 1997 (03)
15. [Feng Tie; Zhang, Jia-cheng; Chen Wei Software architecture specification based on framework and role model](#) [期刊论文]-[软件学报](#) 2000 (08)
16. [Ma Jun-tao; Fu, Shao-yong; Liu Jiren A-Adl: an ADL for multi-agent system](#) [期刊论文]-[软件学报](#) 2000 (10)
17. [Luo Hua-jun; Tang, Zhi-song; Zheng Jiandan An visual ADL: XYZ/ADL](#) [期刊论文]-[软件学报](#) 2000 (08)
18. [Zhang Jia-cheng; Feng, Tie; Chen Wei Software architecture based on active connector and its description](#) [期刊论文]-[软件学报](#) 2000 (08)
19. [Medvidovic N; Richard, N. T A classification and comparison framework for software architecture description languages](#) [外文期刊] 2000 (01)
20. [YU Wei; Yang Wei-hai; Cai, Xi-yao Research on software architecture description](#) [期刊论文]-[Journal of Computer Research and Development](#) 2000 (10)
21. [IEEE ARG IEEE's Recommended Practice for Architectural Description](#) 2000
22. [Rational Reusable Asset Specification Technical Report](#) 1999
23. [Kazman R; Bass, L; Abowd G SAAM: a method for analyzing the properties of software architectures](#) [外文会议] 1994

24. [Kazman R;Bass, L;Abowd, G Scenario-Based analysis of software architectures](#) 1996
25. [Mario R;Barbacci.S;Jeromy.C Steps in an architecture tradeoff analysis method: quality attribute models and analysis](#) 1997
26. [Debra J R;Alexander,L.W Software testing at the architecture level](#) 1996
27. [Yun Xiao-chun;Fang, Bin-xing Verify correctness based on component design](#)[期刊论文]-[Mini-Micro Systems](#) 1999(05)
28. [Inveradi P;Wolf, A.L;Daniel, Y Behavioral type checking of architectural component based on assumptions. Technical Report](#) 1998
29. [Allen R A formal approach to software architecture](#) 1997
30. [Shaw M;Garlan D Software Architecture](#) 1997
31. [Waters B;Rugaber,S;Abowd,G Architectural synthesis: integrating multiple architectural perspective](#) 1999
32. [Esteban J A;Pinilla • J • M;Uriel, M • R Software architecture for reconfigurable systems](#) 1990(04)
33. [Li Hai-kuan;Katwijk, J.V;Levy,A.M The reuse of software design and software architecture](#)[外文会议] 1992
34. [Bass L;Kazman • R Architecture-Based development](#) 1999
35. [Zhou Ying-xin;Ai, Bo Research on modeling software architecture](#) 1998(11)
36. [TAO Wei Architecture-Centric software product line development](#) 1999
37. [Zhou Ying-xin Research on the software architecture of telecommunication](#) 1997
38. [S. Chang-ai;L. Chao;J. Mao-zhong;Z. Mei Architecture Framework for Software Test Tool](#)[会议论文] 2000
39. [Clements P C;Northrop, L.M Software architecture: an executive overview](#) 1996
40. [杨美清 软件复用及相关技术](#) 1999(05)
41. [冯铁;张家晨;陈伟 基于框架和角色模型的软件体系结构规约](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2000(08)
42. [马俊涛;傅韶勇;刘积仁 A-ADL:一种多智能体系统体系结构描述语言](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2000(10)
43. [骆华俊;唐稚松;郑建丹 可视化体系结构描述语言XYZ/ADL](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2000(08)
44. [张家晨;冯铁;陈伟 基于主动连接的软件体系结构及其描述方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2000(08)
45. [于卫;杨卫海;蔡希尧 软件体系结构的描述方法研究](#)[期刊论文]-[计算机研究与发展](#) 2000(10)
46. [云晓春;方滨兴 基于构件设计的正确性验证](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 1999(05)
47. [周莹新;艾波 软件体系结构建模研究](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 1998(11)
48. [陶伟 以体系结构为中心的软件产品线开发](#)[学位论文] 1999
49. [周莹新 电信软件体系结构的研究](#) 1997

#### 本文读者也读过(3条)

1. [张莉. 高晖. 王守信. ZHANG Li. GAO Hui. WANG Shou-Xin 软件体系结构评估技术](#)[期刊论文]-[软件学报](#)2008, 19(6)
2. [梅宏. 申峻嵘. MEI Hong, SHEN Jun-Rong 软件体系结构研究进展](#)[期刊论文]-[软件学报](#)2006, 17(6)
3. [高晖. 张莉. 樊志强. Gao Hui. Zhang Li. Fan Zhiqiang 基于模板的软件体系结构描述技术](#)[期刊论文]-[北京航空航天大学学报](#)2008, 34(1)

#### 引证文献(286条)



1. 郭雨露 [软件工程过程模型及其测试](#)[期刊论文]-[华章](#) 2013(3)
2. 张海攀, 杨佳 [人事信息系统软件体系结构设计关键技术研究](#)[期刊论文]-[电脑知识与技术](#) 2011(22)
3. 凌云明 [学籍信息系统软件体系结构设计](#)[期刊论文]-[电脑编程技巧与维护](#) 2011(22)
4. 张海攀, 杨佳 [基于软件体系结构技术的综合人事信息系统实现](#)[期刊论文]-[青春岁月](#) 2011(14)
5. 张海攀, 杨佳 [管理信息系统软件体系结构演化研究](#)[期刊论文]-[计算机光盘软件与应用](#) 2011(11)
6. 李璇 [新式软件体系结构初探](#)[期刊论文]-[计算机光盘软件与应用](#) 2011(7)
7. 王伟伟 [软件体系结构模式探析](#)[期刊论文]-[科技传播](#) 2011(14)
8. 宋雨, 闫晶 [仿生学与软件体系结构联系的研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2010(8)
9. 陈丽欣, 张荣霞, 张昭 [C/S与B/S混合软件体系结构在医院信息系统设计中的应用](#)[期刊论文]-[医学信息 \(中旬刊\)](#) 2010(6)
10. 李辉, 张广泉, 陈枢茜 [基于UML和XYZ/E的ATM系统体系结构描述](#)[期刊论文]-[微计算机信息](#) 2010(9)
11. 向慧, 赵恒, 唐素芬, 陆炜, 陈娟 [基于插件技术的舰载指控系统应用框架](#)[期刊论文]-[火力与指挥控制](#) 2010(7)
12. 肖建清, 丁德馨, 张萍, 徐根 [插件式疲劳分析软件的体系结构研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2009(12)
13. 李莹莹 [对软件体系结构评价指标的探讨](#)[期刊论文]-[福建电脑](#) 2009(10)
14. 卓家靖, 孟晨, 方丹 [并行自动测试系统软件体系结构建模](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2009(18)
15. 范双南 [中小团队软件开发规范性研究](#)[期刊论文]-[福建电脑](#) 2008(7)
16. 王博然, 苏钢 [软件工程的历史与发展趋势](#)[期刊论文]-[北京工业职业技术学院学报](#) 2008(3)
17. 朱翠苗, 郑广成 [基于四层B/S的高职业院校教师绩效考评系统开发](#)[期刊论文]-[职业技术教育](#) 2008(8)
18. 董剑利, 陈艳艳 [基于产品线N-生命周期模型的集成化软件工程环境研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与科学](#) 2008(10)
19. 唐娟 [利用JAVA实现数据库构件](#)[期刊论文]-[黑龙江科技信息](#) 2008(19)
20. 黄智, 宋杨 [办公自动化OA系统开发分析](#)[期刊论文]-[硅谷](#) 2008(21)
21. 董剑利 [基于产品线体系结构的软件工程过程模型研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2008(12)
22. 于景伟, 林泽鸿, 赵丹丹, 周雪妍 [软件总线体系结构中适配器的形式研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与科学](#) 2008(8)
23. 杨捷, 毋国庆, 齐德昱 [使用基于进程代数方法建立软件体系结构的安全模型](#)[期刊论文]-[计算机工程与科学](#) 2008(11)
24. 程淑玉 [基于元胞自动机的SA动态演化模型的构建](#)[期刊论文]-[安徽科技学院学报](#) 2008(1)
25. 张昭玉, 杨利娟 [企业信息系统业务构件建模研究](#)[期刊论文]-[中国管理信息化 \(综合版\)](#) 2007(10)
26. 谭良, 周明天 [XSSRA/ADL:一种基于XML的安全需求体系结构描述语言](#)[期刊论文]-[计算机研究与发展](#) 2007(5)
27. 谭良, 周明天 [大型复杂软件系统安全需求的体系结构模型](#)[期刊论文]-[计算机科学](#) 2007(12)
28. 刘珊艳 [基于XYZ/ADL描述的选修课管理系统体系结构](#)[期刊论文]-[云南师范大学学报 \(自然科学版\)](#) 2006(4)
29. 曾实, 罗燕京 [基于用例的软件需求开发与管理平台的研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2006(8)
30. 杨文 [失地农民社会保障卡管理系统解决方案的研究](#)[期刊论文]-[中国科技信息](#) 2006(18)
31. 徐鹏, 杨放春 [建模样式:一种评估软件体系结构非功能属性的方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
32. 李长云, 廖立君, 金可音 [软件体系结构的层次语义分析](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2006(1)
33. 吴方君, 易彤, 邓敏 [典型软件体系结构切片方法的研究](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2005(6)
34. 何坚, 贾晓琳, 覃征, 王向华 [基于体系结构的软件分析设计过程模型](#)[期刊论文]-[西安交通大学学报](#) 2004(6)
35. 王映辉, 王英杰, 王彦君, 樊宏斌 [基于MVC的软件界面体系结构研究与实现](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2004(9)
36. 吴毅坚, 赵文耘 [特定领域软件框架的提取方法研究](#)[期刊论文]-[电子学报](#) 2003(z1)

37. 艾萍, 倪伟新 [水利领域软件体系结构研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2003(34)
38. 刘丹, 于海斌, 王宏 [嵌入式系统设计和开发方法](#)[期刊论文]-[信息与控制](#) 2003(z1)
39. 王志刚, 谢茂芳 [Object-Z规格到实现机制探讨](#)[期刊论文]-[计算机光盘软件与应用](#) 2013(21)
40. 史纪强, 何兴曙, 万志琼, 朱广超 [基于插件技术的企业应用集成架构研究](#)[期刊论文]-[计算机与应用化学](#) 2012(2)
41. 李强, 杨文清 [软件体系结构的层次性](#)[期刊论文]-[计算机光盘软件与应用](#) 2011(7)
42. 周洪翠 [基于ADO.NET的教学管理系统数据并发控制问题](#)[期刊论文]-[南昌教育学院学报](#) 2011(1)
43. 王文学, 王利军 [中小型企业网站自动生成系统的设计与实现](#)[期刊论文]-[电脑知识与技术](#) 2011(29)
44. 李水英, 吴曙雯 [基于ArcGIS的杭州智能交通管理系统的研究](#)[期刊论文]-[现代测绘](#) 2011(5)
45. 李鹏, 赵海, 刘铮, 李辉 [基于核心继承树的软件网络特征量的研究](#)[期刊论文]-[东北大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(3)
46. 汪保杰, 王如龙 [一种适应WEB环境的混合体系结构风格](#)[期刊论文]-[计算机系统应用](#) 2010(4)
47. 孙远运, 刘刚, 马均培 [铁路客运专线信息系统总体架构设计](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2009(34)
48. 任洪敏, 张敬周, 杨志应 [基于 \$\pi\$ 演算的动态软件架构研究](#)[期刊论文]-[计算机科学](#) 2009(9)
49. 许伟雄 [基于UML实现三层C/S结构系统的架构](#)[期刊论文]-[和田师范专科学校学报](#) 2009(4)
50. 朱跃民 [对计算机教学中Web的辅助教学系统的分析](#)[期刊论文]-[新西部\(下半月\)](#) 2008(1)
51. 李莹莹, 孙全玲 [基于场景的软件体系结构评估方法及实例应用](#)[期刊论文]-[福建电脑](#) 2008(6)
52. 徐萍, 刘静, 桑胜举 [浅谈软件体系结构风格](#)[期刊论文]-[科技资讯](#) 2008(26)
53. 李志明, 汪斌 [基于UML的战士档案管理系统的分析与设计](#)[期刊论文]-[科技信息\(学术版\)](#) 2008(4)
54. 常玉芳 [面向对象的工资查询系统的分析设计与实现](#)[期刊论文]-[中国科技信息](#) 2008(23)
55. 谢二莲 [非字符数据在档案管理系统中的存储和访问](#)[期刊论文]-[山西大同大学学报\(自然科学版\)](#) 2008(3)
56. 方风波 [关于软件体系结构的形式化描述](#)[期刊论文]-[电脑知识与技术\(学术交流\)](#) 2007(7)
57. 康永平, 吴卓 [基于Web Services的PDM系统体系结构](#)[期刊论文]-[机电工程技术](#) 2007(1)
58. 彭武良, 周丽, 王雷 [企业应用集成技术综述](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2007(9)
59. 黄晶, 胡林, 陈卫国, 杨易 [负荷管理系统软件设计研究](#)[期刊论文]-[电力需求侧管理](#) 2007(5)
60. 唐雅娜 [联机考试系统的体系结构模型分析](#)[期刊论文]-[中国水运\(理论版\)](#) 2007(3)
61. 郑重, 宋君强, 吴建平 [地球科学应用软件框架的研究与发展](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2007(10)
62. 景建军, 谢鹏寿 [基于Web服务的电子商务体系结构研究](#)[期刊论文]-[甘肃科技](#) 2006(8)
63. 胡颖辉 [基于面向对象技术实现ASP.NET应用程序的安全控制](#)[期刊论文]-[科技资讯](#) 2006(35)
64. 熊惠民, 应时, 虞莉娟, 张韬 [基于反射的连接器组合重用方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
65. 王学斌, 王怀民, 吴泉源, 史殿习 [一种模型转换的编织框架](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
66. 谢鹏寿, 张秋余, 朱昌盛 [新一代电子商务体系结构及其关键技术研究](#)[期刊论文]-[机械制造](#) 2006(8)
67. 李长云, 李赣生, 何频捷 [一种形式化的动态体系结构描述语言](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
68. 梁正友 [农务管理系统的软件体系结构研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2005(12)
69. 钱昆 [基于构件的水信息领域软件集成框架模型的设计与研究](#)[学位论文]硕士 2005
70. 张小华 [软件架构演化管理研究](#)[学位论文]硕士 2005
71. 莫世锋, 何贤江, 王秉中 [一种总线型软件体系结构的设计与应用](#)[期刊论文]-[计算机应用](#) 2004(5)
72. 钟治初, 陈珊 [基于构件的软件体系结构分析与研究](#)[期刊论文]-[浙江工贸职业技术学院学报](#) 2004(1)
73. 杨安乐, 程慧霞 [基于XML+MIMEMessage的消息中心的实现](#)[期刊论文]-[微机发展](#) 2003(6)

74. 牛冀平 [数字流域的正交软件体系结构研究](#)[期刊论文]-[黄冈师范学院学报](#) 2003(6)
75. 何恰, 程良伦 [液晶面板制造中图像处理自动化软件设计](#)[期刊论文]-[制造业自动化](#) 2014(4)
76. 范玥, 王淑玲 [一种动态软件体系结构下的代码生成方法](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2013(3)
77. 童益民 [计算机软件应用体系结构模型研究](#)[期刊论文]-[中国高新技术企业](#) 2011(21)
78. 童益民 [计算机软件应用体系结构模型研究](#)[期刊论文]-[中国高新技术企业](#) 2011(23)
79. 董连 [基于UML和.NET三层B/S系统的开发](#)[期刊论文]-[计算机与数字工程](#) 2010(12)
80. 赵海兰 [中小企业商品管理系统的相关技术](#)[期刊论文]-[科技信息](#) 2010(8)
81. 王伟, 李建荣, 罗四维 [基于多层结构的短信息应用系统研究与实现](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2009(10)
82. 柴世红 [软件体系结构研究概述](#)[期刊论文]-[兰州工业高等专科学校学报](#) 2008(1)
83. 汪强 [软件体系结构研究](#)[期刊论文]-[电脑知识与技术](#) 2008(35)
84. 郝昂, 史维峰, 袁静, 赵蓉 [基于软件总线的遗留CAD系统再开发](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2008(1)
85. 罗淮安, 康琦 [桥梁结构CAD系统的历史及未来](#)[期刊论文]-[山西建筑](#) 2007(9)
86. 张蕾, 汪火明, 张晓祥 [急救管理系统在软件体系结构中的研究与实现](#)[期刊论文]-[中国数字医学](#) 2007(12)
87. 刘淑玲, 任凌宇, 景瑞霞, 徐绍珍 [数字科技信息智能管理系统软件体系结构](#)[期刊论文]-[河北省科学院学报](#) 2006(4)
88. 李向阳, 连小绮 [一种面向工程的构件式软件体系结构模型](#)[期刊论文]-[华侨大学学报\(自然科学版\)](#) 2006(3)
89. 周怿 [面向服务的动态演化软件模型研究](#)[学位论文]硕士 2006
90. 陆莉祯, 尹晓强, 柳军飞 [面向模式的系统架构设计](#)[期刊论文]-[计算机应用与软件](#) 2005(6)
91. 牛冀平, 胡志华, 肖晓红 [数字流域系统的C/S与B/S混合软件体系结构](#)[期刊论文]-[武汉理工大学学报\(信息与管理工程版\)](#) 2005(3)
92. 张晋辉, 杨方, 齐乐华 [液-固挤压复合材料工艺仿真平台设计与实现](#)[期刊论文]-[特种铸造及有色合金](#) 2005(7)
93. 孙健, 吕军, 高航 [基于过程的信息审计平台的体系结构研究](#)[期刊论文]-[航空计算技术](#) 2005(1)
94. 尹祖全 [基于Windows NT中央控制站实时引控软件体系结构研究](#)[学位论文]硕士 2005
95. 周莹 [基于构件的虚拟物理实验的系统设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
96. 张明卫 [基于CBD的中药新药临床试验管理系统的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
97. 曹晟, 蔡自兴 [基于C/S与B/S混合软件体系结构的封闭式管理系统的设计](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2004(5)
98. 孙昌爱, 金茂忠 [软件体系结构描述研究与进展](#)[期刊论文]-[计算机科学](#) 2003(2)
99. 赖明, 霍鹏飞, 刘创 [基于分层插件的引信装定器模型](#)[期刊论文]-[探测与控制学报](#) 2014(1)
100. 马聪颖, 高瑞周, 朱玉祜 [无人机地面控制站通用化软件架构](#)[期刊论文]-[航空计算技术](#) 2013(3)
101. 李志尧, 宋姝 [数字图书馆推广工程软件平台构建](#)[期刊论文]-[国家图书馆学刊](#) 2012(5)
102. 鲁琴 [基于UML的信息系统软件体系结构描述](#)[期刊论文]-[辽东学院学报: 自然科学版](#) 2011(4)
103. 王惠军, 鲁磊 [核电站通信资源管理技术](#)[期刊论文]-[中国电力教育](#) 2010(25)
104. 王丹, 张帆, 张志鸿 [基于构件的多层体系结构的研究与应用](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2010(6)
105. 曲豫宾, 张海飞, 洪英 [基于SuperMap的决策支撑系统的设计与实现](#)[期刊论文]-[通化师范学院学报](#) 2010(10)
106. 白义传, 刘永高, 陈春, 王丙文, 谢敏 [能量管理系统动态跟踪技术](#)[期刊论文]-[电力系统自动化](#) 2009(16)
107. 张昭玉, 陶欢华, 陈国新 [以体系结构为中心的构件模型设计](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2008(9)
108. 周艳明, 李文生 [基于DDR体系结构模式的软件生产线](#)[期刊论文]-[计算机教育](#) 2007(10)
109. 舒振, 姜志平, 罗爱民, 罗雪山 [C4ISR系统体系结构的重用模型及过程研究](#)[期刊论文]-[舰船电子工程](#) 2007(4)
110. 李劲华 [基于UML的软件体系结构的定量评估](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2007(6)

111. [刘晓明, 任正平, 黄松, 张晓锋, 胡斌](#) 基于模型的构件系统性能预测综述[期刊论文]-[系统仿真学报](#) 2007(13)
112. [崔秉良, 陈军, 杜道生](#) 软件复用的数字化方法研究——以GIS应用领域软件工程为例[期刊论文]-[武汉大学学报\(信息科学版\)](#) 2006(10)
113. [张小兰, 况樱](#) CORBA技术及其在电信计费中的应用分析[期刊论文]-[江西通信科技](#) 2006(4)
114. [丁湘陵, 王志刚, 陈光仪](#) 基于构件的“4+1”建模技术及应用[期刊论文]-[计算机与现代化](#) 2006(3)
115. [陈克力](#) 嵌入式组件及其实时调度策略研究[学位论文]硕士 2006
116. [朱茵, 陆化普, 周海淞, 张建跃](#) 基于C/S与B/S混合体系结构的智能交通管理信息系统的设计[期刊论文]-[公路交通科技](#) 2005(11)
117. [李长云](#) 基于体系结构的软件动态演化研究[学位论文]博士 2005
118. [段覃昭, 王耀青](#) 基于公共连接件环境的构件访问模型[期刊论文]-[计算机工程与科学](#) 2004(1)
119. [廖立君, 徐德智](#) COM+组件线程模式及应用[期刊论文]-[株洲工学院学报](#) 2004(2)
120. [谢鹏寿, 余冬梅, 康永平](#) CAD智能化集成信息系统的软件体系结构研究[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2004(8)
121. [陈杰, 何援军](#) 基于软件总线CAD软件体系结构研究[期刊论文]-[计算机辅助设计与图形学学报](#) 2004(9)
122. [马德荣](#) 嵌入式软件开发平台TIDE的研究与实现[学位论文]硕士 2004
123. [方志, 杨宏](#) 构件层级开发模型的研究与应用[期刊论文]-[计算机与网络](#) 2013(18)
124. [崔建峰, 陈仁](#) 一种融入AD理论与DSM的软件建模方法[期刊论文]-[厦门理工学院学报](#) 2012(2)
125. [李志刚](#) 军事信息系统作战活动描述方法研究[期刊论文]-[指挥控制与仿真](#) 2010(1)
126. [李德, 王李管, 毕林, 曾庆田](#) 我国数字采矿软件研究开发现状与发展[期刊论文]-[金属矿山](#) 2010(12)
127. [付赞, 李敏强, 陈富赞](#) 面向不确定需求的适应性软件体系结构设计[期刊论文]-[计算机科学](#) 2010(12)
128. [王一宾, 张玉州, 程一飞](#) 几种新型软件体系结构风格的分析[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2008(8)
129. [沈剑翘, 聂华北](#) 软件体系结构(风格)综述[期刊论文]-[电脑开发与应用](#) 2008(2)
130. [谢鹏寿, 康永平, 范瑞娟](#) 基于B/S结构的TPL信息管理系统设计与研究[期刊论文]-[机械制造](#) 2008(5)
131. [杨鹤标, 诸笃辉](#) 一种面向模型的动态架构及其支撑平台[期刊论文]-[微计算机信息](#) 2008(12)
132. [刘志都, 程新党, 崔蕊](#) 软件体系结构模式应用探析[期刊论文]-[南阳师范学院学报](#) 2007(9)
133. [聂华北](#) 形式化方法描述管道过滤器软件体系结构[期刊论文]-[电脑知识与技术\(学术交流\)](#) 2007(14)
134. [杜尧尧, 赵文静](#) 基于轻量迭代的体系结构分析方法[期刊论文]-[现代电子技术](#) 2007(12)
135. [吴海根, 薛锦云](#) 基于JAVA的数据库构件的研究与实现[期刊论文]-[科技广场](#) 2007(1)
136. [黄涌, 谌菲](#) 基于舰载指控系统的框架设计[期刊论文]-[舰船电子工程](#) 2007(4)
137. [朱宇](#) 自适应对象模型体系结构风格的应用研究[学位论文]硕士 2007
138. [吴拥民](#) MMORPG服务器软件体系结构研究——非形式化构造[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2006(32)
139. [张晋辉, 杨方, 齐乐华](#) 基于组件的液-固挤压复合材料工艺研究平台[期刊论文]-[机床与液压](#) 2006(5)
140. [刘真, 任长明, 王国艳](#) 新技术与软件体系结构[期刊论文]-[计算机时代](#) 2006(5)
141. [陈伟](#) 基于J2EE的ERP总体结构的研究[学位论文]硕士 2006
142. [张小平](#) 部队教学训练综合管理系统的设计与实现[学位论文]硕士 2006
143. [李长云, 邬惠峰, 应晶, 李赣生](#) 软件体系结构驱动的运行环境[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2005(8)
144. [陆莉祯](#) 广电总局广播实验智能调度管理系统的设计与实现[学位论文]硕士 2005
145. [王映辉, 刘瑜, 王立福](#) 基于不动点转移的SA动态演化模型[期刊论文]-[计算机学报](#) 2004(11)
146. [杨建飞](#) 面向服务的电子信息系统体系结构[期刊论文]-[舰船电子工程](#) 2013(2)



147. 宗自华, 田霄, 王锡勇, 李亚伟, 陈亮, 苏锐, 王驹 高放废物地质处置岩体工程质量评价系统开发与应用[期刊论文]-铀矿地质 2013(5)
148. 史纪强, 何兴曙, 万志琼, 朱广超 基于插件技术的企业应用集成架构研究[期刊论文]-计算机与应用化学 2012(2)
149. 杨鹤标, 诸笃辉, 张华锋 面向模型的动态架构[期刊论文]-计算机工程 2008(11)
150. 曹国民, 陈根才, 施文幸 基于.NET平台的电力生产管理系统建模与实现[期刊论文]-计算机工程与设计 2008(1)
151. 许峰, 刘英, 黄皓, 王志坚 基于软件体系结构连接器的构件组装技术研究[期刊论文]-计算机应用 2006(4)
152. 彭鑫 基于本体、特征驱动的产品线开发方法[学位论文]博士 2006
153. 王映辉, 王立福 软件体系结构演化模型[期刊论文]-电子学报 2005(8)
154. 张伟, 王忠民, 李艳 基于模式的商业智能系统设计[期刊论文]-计算机与数字工程 2005(5)
155. 莫世锋 空管模拟训练软件产品线体系结构的研究[学位论文]硕士 2005
156. 王映辉, 张世琨, 刘瑜, 王立福 基于可达矩阵的软件体系结构演化波及效应分析[期刊论文]-软件学报 2004(8)
157. 卫红春 信息系统体系结构研究[期刊论文]-计算机工程与应用 2003(23)
158. 边小凡, 马兵会 根据系统需求决策软件产品线体系结构[期刊论文]-计算机应用与软件 2009(3)
159. 张军, 李洪奇 基于ECAP规则的测井原始资料质量检查软件建模[期刊论文]-科技导报 2008(12)
160. 黄翰, 郝志峰, 陈明, 韩涛 基于复合信息矩阵的软件体系结构演化波及效应分析[期刊论文]-计算机科学 2007(2)
161. 赵友杰, 张剑峰, 曹永忠, 陆王红 基于多层结构模型的生物信息分析平台研究[期刊论文]-计算机应用研究 2007(11)
162. 王一宾, 刘奎, 汪洋 软件体系结构研究与实践[期刊论文]-计算机技术与发展 2007(9)
163. 张世龙 基于层次消息总线的考试系统体系结构研究[期刊论文]-信息技术 2006(10)
164. 张强, 夏阳, 王亮 基于Web服务的程序设计新思路[期刊论文]-计算机工程与设计 2006(22)
165. 徐铭, 万麟瑞 基于多Agent的JIT软件构架研究[期刊论文]-计算机工程与设计 2006(21)
166. 王海燕 一种基于构件的可动态更新的体系结构模型[期刊论文]-农业网络信息 2006(3)
167. 段立荣 证券公司集中交易系统软件体系结构设计[学位论文]硕士 2006
168. 温国华 银行中间业务平台的研究与设计[学位论文]硕士 2005
169. 李东 基于Java的化工计算软件的Web集成[学位论文]硕士 2005
170. 刘建峰, 王翠茹, 刘伟达, 张振兴, 韩立森 基于Agile方法的软件架构设计与实现[期刊论文]-计算机应用研究 2004(8)
171. 邓力 插件技术在虚拟仪器中的应用[期刊论文]-国外电子测量技术 2010(5)
172. 李云飞, 陈小平 一种可复用虚拟仪器软件的设计方法[期刊论文]-仪器仪表学报 2008(2)
173. 王勇 基于构件复用的雷达模拟机系统的设计及实现[学位论文]硕士 2006
174. 敖选锐 昆明市商业银行信贷管理及客户经理考核系统的设计与实现[学位论文]硕士 2006
175. 张辉 软件体系结构动态演化的研究[学位论文]硕士 2005
176. 钱立三, 李宁辉 服务科普推广的安徽远程终身学习平台的技术架构设计[期刊论文]-安徽广播电视大学学报 2012(4)
177. 徐俊, 王永兴, 张元鸣, 陆佳炜, 肖刚 一种利用功能驱动的构件组装方法研究[期刊论文]-小型微型计算机系统 2012(4)
178. 王珩, 黄松华, 易侃, 丁峰 指挥控制服务交互方法研究[期刊论文]-指挥信息系统与技术 2010(3)
179. 杨鹤标, 乔亦民, 段丽 基于构件和总线集成的业务基础平台框架研究[期刊论文]-计算机应用研究 2009(4)

180. [窦显玉](#) [数据库技术在工程管理中的应用研究](#)[期刊论文]-[计算机与现代化](#) 2008(10)
181. [伍江华](#), [马于涛](#), [张子鹤](#), [潘小群](#) [软件过程中软件漂移的分类研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2007(11)
182. [张玮玮](#) [软件构件及其演化](#)[期刊论文]-[福建电脑](#) 2007(7)
183. [张本豪](#) [基于J2EE平台的科研合同管理信息系统的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2006
184. [钟健朋](#) [基于路网智能化的高速公路收费系统研究与实现](#)[学位论文]硕士 2006
185. [秦小元](#) [水电厂计算机监控系统设计与实现](#)[学位论文]硕士 2006
186. [陈建勋](#), [张子鹤](#), [马于涛](#), [夏学知](#) [基于软件体系结构的组件集成框架](#)[期刊论文]-[计算机工程](#) 2004(22)
187. [范玥](#), [王淑玲](#) [一种动态软件体系结构下的代码生成方法](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2013(3)
188. [印桂生](#), [宋敏](#), [韦正现](#), [王红滨](#), [张万松](#) [面向构件语义关系的软件体系结构演化分析](#)[期刊论文]-[哈尔滨工程大学学报](#) 2011(10)
189. [徐鹏](#), [杨放春](#) [建模样式:一种评估软件体系结构非功能属性的方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
190. [陈琳琳](#) [软件体系结构描述语言XYZ/ADL与UML的转换机制研究](#)[学位论文]硕士 2006
191. [王一宾](#), [李心科](#), [刘桂江](#) [软件Agent技术与软件体系结构](#)[期刊论文]-[河南科技大学学报\(自然科学版\)](#) 2005(2)
192. [饶元](#) [基于SOA的大规模软件重用与集成策略](#)[期刊论文]-[机电产品开发与创新](#) 2005(z1)
193. [苏伟强](#) [基于软件体系结构的ERP领域应用框架研究与实现](#)[学位论文]硕士 2005
194. [杨帆](#) [基于模型驱动架构的呼叫系统的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
195. [黎丙祥](#), [沈立炜](#), [彭鑫](#), [赵文耘](#) [一种基于横切特征分析的软件体系结构自动重构方法](#)[期刊论文]-[计算机科学](#) 2010(9)
196. [曹晓夏](#), [缪淮扣](#), [孙军梅](#) [一种运用模式将CIM转换到PIM的方法](#)[期刊论文]-[计算机科学](#) 2007(6)
197. [杨鑫](#), [陈俊亮](#) [WSC/ADL:Web Services组合系统体系结构描述语言](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(5)
198. [张友生](#), [李雄](#) [基于Petri网的软件体系结构可靠性分析](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2006(25)
199. [向光华](#) [重庆高速公路路网智能化系统设计与应用研究](#)[学位论文]硕士 2006
200. [饶元](#), [冯博琴](#), [李尊朝](#) [基于Web Services的服务合成技术研究综述](#)[期刊论文]-[系统工程与电子技术](#) 2005(8)
201. [宋光宇](#), [高晖](#) [软件体系结构度量工具的研究与实现](#)[期刊论文]-[计算机应用研究](#) 2008(9)
202. [高晖](#), [张莉](#) [软件体系结构层次的结构度量研究](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2007(24)
203. [李俊娥](#), [周润汝](#) [“平台/插件”软件体系结构风格](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2007(5)
204. [毛志瑞](#) [网络环境下高校档案管理系统设计与实现](#)[学位论文]硕士 2006
205. [苏伟](#), [罗雪山](#), [张耀鸿](#) [C4ISR系统总体方案规范化建模方法研究](#)[期刊论文]-[系统工程与电子技术](#) 2007(2)
206. [张大强](#) [一种基于.Net的软件体系结构的设计与开发方法](#)[学位论文]硕士 2006
207. [刘雷](#) [证券集中交易系统框架设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
208. [李日榄](#) [特征驱动开发的研究和实践](#)[学位论文]硕士 2005
209. [刘奇峰](#) [基于中间件的保险信息系统开发平台的研究与实现](#)[学位论文]硕士 2005
210. [冯行宇](#) [组件对象模型及设计模式在SDK开发中的应用](#)[学位论文]硕士 2004
211. [王映辉](#), [王英杰](#) [计算模式的演变与大规模软件构架技术](#)[期刊论文]-[计算机工程与应用](#) 2003(29)
212. [金百东](#) [基于Grid控件的通用数据库操作组件设计与实现](#)[期刊论文]-[计算机与现代化](#) 2010(2)
213. [杨建雄](#) [钢铁领域整体产销系统的分析及设计](#)[学位论文]硕士 2006
214. [李宝民](#) [软件体系结构建模研究与应用](#)[学位论文]硕士 2005
215. [李刚](#) [基于Web的分布式建设行业电子政务系统研究与设计](#)[学位论文]硕士 2005

216. [艾萍](#) [计算机软件构件认知](#)[期刊论文]-[计算机应用](#) 2003(12)
217. [朱克楠](#), [尹宝林](#) [基于资源访问规则与行为截获的软件封装方法](#)[期刊论文]-[高技术通讯](#) 2012(7)
218. [李劲华](#) [基于UML的软件体系结构的定量评估](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2007(6)
219. [赵建利](#), [宋雨](#), [董东](#), [孙召伟](#) [基于演化构件模型的软件演化研究](#)[期刊论文]-[华北电力大学学报](#) 2007(4)
220. [谢明川](#) [组件化适应性学习支持系统的关键技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
221. [张明伍](#) [CSCW在OA中的应用](#)[学位论文]硕士 2005
222. [徐俊](#), [王永兴](#), [张元鸣](#), [陆佳炜](#), [肖刚](#) [一种利用功能驱动的构件组装方法研究](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2012(4)
223. [郭广义](#), [李代平](#), [梅小虎](#) [Z语言与软件体系结构风格的形式化](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2009(5)
224. [周红波](#) [基于XML的数据库交换技术研究](#)[学位论文]硕士 2006
225. [杨鑫](#), [陈俊亮](#) [WSC/ADL:Web Services组合系统体系结构描述语言](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(5)
226. [李长云](#), [李赣生](#), [何频捷](#) [一种形式化的动态体系结构描述语言](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
227. [王丹霞](#) [多机分布协同三维视景实时生成技术及其应用](#)[学位论文]博士 2006
228. [程俊丽](#) [基于BDI模型和ARCHON模型的MAS动态软件体系结构风格研究](#)[学位论文]硕士 2005
229. [马燕鹏](#) [应用型地理信息系统软件体系结构风格研究——以广东省水资源综合规划信息系统为例](#)[学位论文]硕士 2005
230. [熊惠民](#), [应时](#), [虞莉娟](#), [张韬](#) [基于反射的连接器组合重用方法](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
231. [崔小乐](#) [嵌入式软件仿真测试平台中的仿真模型开发研究](#)[学位论文]博士 2004
232. [崔晓华](#) [基于J2EE的堆场整理系统设计与实现](#)[学位论文]硕士 2006
233. [刘红萍](#) [基于领域通用框架的扩展模型驱动开发模式](#)[学位论文]硕士 2005
234. [廖立君](#) [基于EGSA的ADL研究及其开发工具的设计](#)[学位论文]硕士 2004
235. [陈威](#) [基于消息中间件的政务服务协同工作流模型的研究与应用](#)[学位论文]硕士 2005
236. [高峰](#) [基于服务的双机热备技术的研究](#)[学位论文]硕士 2005
237. [梁弋缙](#) [电子缴税/入库中转服务系统的设计和实现](#)[学位论文]硕士 2005
238. [张文辉](#) [轮式车辆管理信息系统的分析与设计](#)[学位论文]硕士 2005
239. [陈峥](#) [重庆市电力公司办公自动化系统设计与应用](#)[学位论文]硕士 2004
240. [李俊娥](#), [周洞汝](#) [“平台/插件”软件体系结构风格](#)[期刊论文]-[小型微型计算机系统](#) 2007(5)
241. [陈磊](#), [李三立](#) [网格数据复本管理的动态自适应软件体系结构](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
242. [李元旦](#) [融入数论特征函数的DES密码盒的加密研究](#)[学位论文]硕士 2006
243. [赵军领](#) [基于嵌入式Linux的环境在线监控应用构件库研究](#)[学位论文]硕士 2005
244. [王学斌](#), [王怀民](#), [吴泉源](#), [史殿习](#) [一种模型转换的编织框架](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
245. [沈震](#) [通用ATE软件平台的研究与设计](#)[学位论文]硕士 2005
246. [方鹏](#) [基于可扩展矢量图的交互式图形化信息发布模型研究](#)[学位论文]硕士 2004
247. [叶菲](#) [一个基于Java的面向Web应用开发的构件组装工具](#)[学位论文]硕士 2006
248. [许鑫](#) [基于软件体系结构的应用软件开发框架研究](#)[学位论文]硕士 2004
249. [张兴旺](#) [企业实施ERP能力成熟度研究](#)[期刊论文]-[中国新技术新产品](#) 2008(4)
250. [孙一丁](#) [网络游戏服务器设计中游戏逻辑架构的研究与实现](#)[学位论文]硕士 2005
251. [段任](#) [软件构架驱动的分布式系统开发方法与支持工具研究](#)[学位论文]硕士 2005

252. [王映辉, 张世琨, 刘瑜, 王立福](#) [基于可达矩阵的软件体系结构演化波及效应分析](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2004(8)
253. [张晋辉](#) [液—固挤压成形复合材料仿真平台的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2005
254. [张锦华](#) [基于B/S与C/S混合结构的考试系统的设计与实现](#)[学位论文]硕士 2004
255. [张光远](#) [纺织服装行业面向供应链的生产计划管理系统研究](#)[学位论文]硕士 2006
256. [蓝红莉](#) [公路隧道环境计算机模拟及其通风系统控制研究](#)[学位论文]硕士 2005
257. [张春玲](#) [基于工作流的OA及其在数字校园网中的应用](#)[学位论文]硕士 2005
258. [艾萍](#) [软件构件组装基础研究进展](#)[期刊论文]-[计算机工程与设计](#) 2003(12)
259. [陈兴华](#) [云南省教育厅办公自动化系统的分析与设计](#)[学位论文]硕士 2006
260. [何国华](#) [MDA软件开发方法的研究与应用](#)[学位论文]硕士 2005
261. [叶鹏](#) [软件体系结构模型的形式化研究](#)[学位论文]硕士 2005
262. [陈磊, 李三立](#) [网格数据复本管理的动态自适应软件体系结构](#)[期刊论文]-[软件学报](#) 2006(6)
263. [李雄](#) [基于构件运算的软件演化研究](#)[学位论文]硕士 2006
264. [罗东来](#) [基于领域工程的开放式数控系统研究](#)[学位论文]硕士 2005
265. [李超](#) [过程线构件库及复合构件组装研究与应用](#)[学位论文]硕士 2007
266. [温亮宝](#) [基于网络的森林病虫害诊断咨询专家系统研建](#)[学位论文]硕士 2006
267. [王君珂](#) [电信运营支撑系统的软件体系结构模式系统研究](#)[学位论文]博士 2005
268. [张梅](#) [呼叫中心的研究与应用](#)[学位论文]硕士 2005
269. [胡林](#) [基于高压智能采集终端的防窃电应用研究](#)[学位论文]硕士 2006
270. [胡方霞](#) [基于UML的仓储管理系统应用研究](#)[学位论文]硕士 2006
271. [秦滔](#) [异构环境下电子公文交换系统分析与设计](#)[学位论文]硕士 2006
272. [袁立罡](#) [VMI软件构架及XUML研究](#)[学位论文]硕士 2005
273. [张磊](#) [数据库加密及身份认证的Java实现](#)[学位论文]硕士 2005
274. [张杨](#) [面向侧面的分布式软件体系结构研究](#)[学位论文]硕士 2005
275. [黄志刚](#) [面向海战场电子信息系统的构件连接技术研究](#)[学位论文]硕士 2004
276. [张勇](#) [分布式应用环境下层模式研究](#)[学位论文]硕士 2004
277. [郑国君](#) [基于企业业务框架的软件体系结构研究](#)[学位论文]硕士 2004
278. [李娟](#) [CMM实施过程模型及实例化方法研究](#)[学位论文]博士 2005
279. [刘静](#) [基于形式规格说明的统一软件建模系统的研究](#)[学位论文]博士 2005
280. [李阳](#) [网格构件的形式模型与优化策略](#)[学位论文]博士 2005
281. [陆明](#) [面向复用软件开发方法的本地化研究](#)[学位论文]硕士 2006
282. [李朝辉](#) [基于构件复用技术的组态模型及平台研究](#)[学位论文]博士 2005
283. [李斌](#) [基于构架/构件复用的开放式数控系统研究](#)[学位论文]博士 2004
284. [吴士亮](#) [面向行业的商品化管理信息系统框架构建与方法研究](#)[学位论文]博士 2005
285. [王竹荣](#) [遗传算法及其在特种变压器优化设计中的应用研究](#)[学位论文]博士 2005
286. [张驰](#) [异构组件互操作技术研究](#)[学位论文]博士 2006