西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
SCHOOL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY
国家示范性软件学院
NATIONAL PILOT SCHOOL OF SOFTWARE ENGINEERING

软件体系结构

Software Architecture

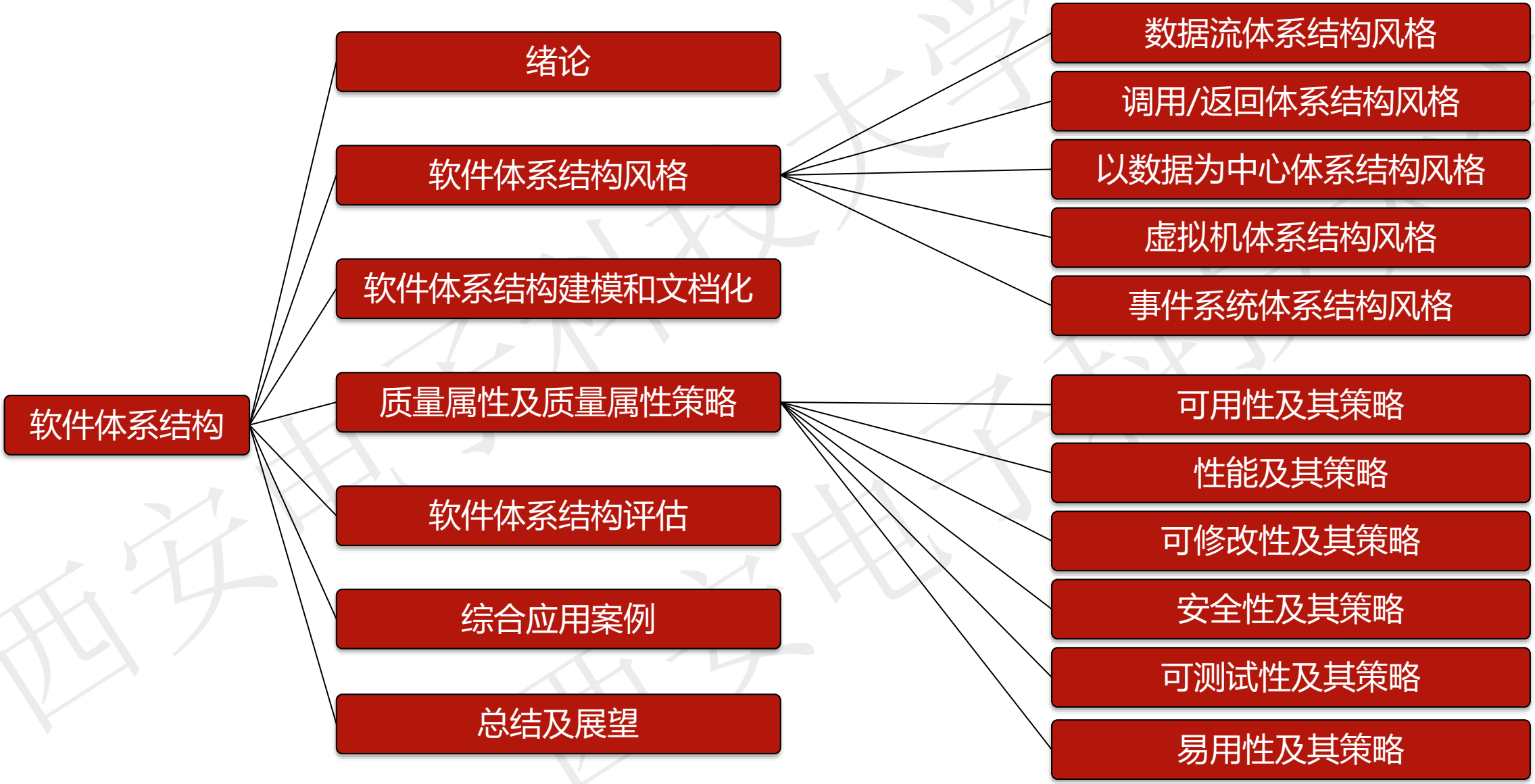
软件体系结构课程组

课程简介

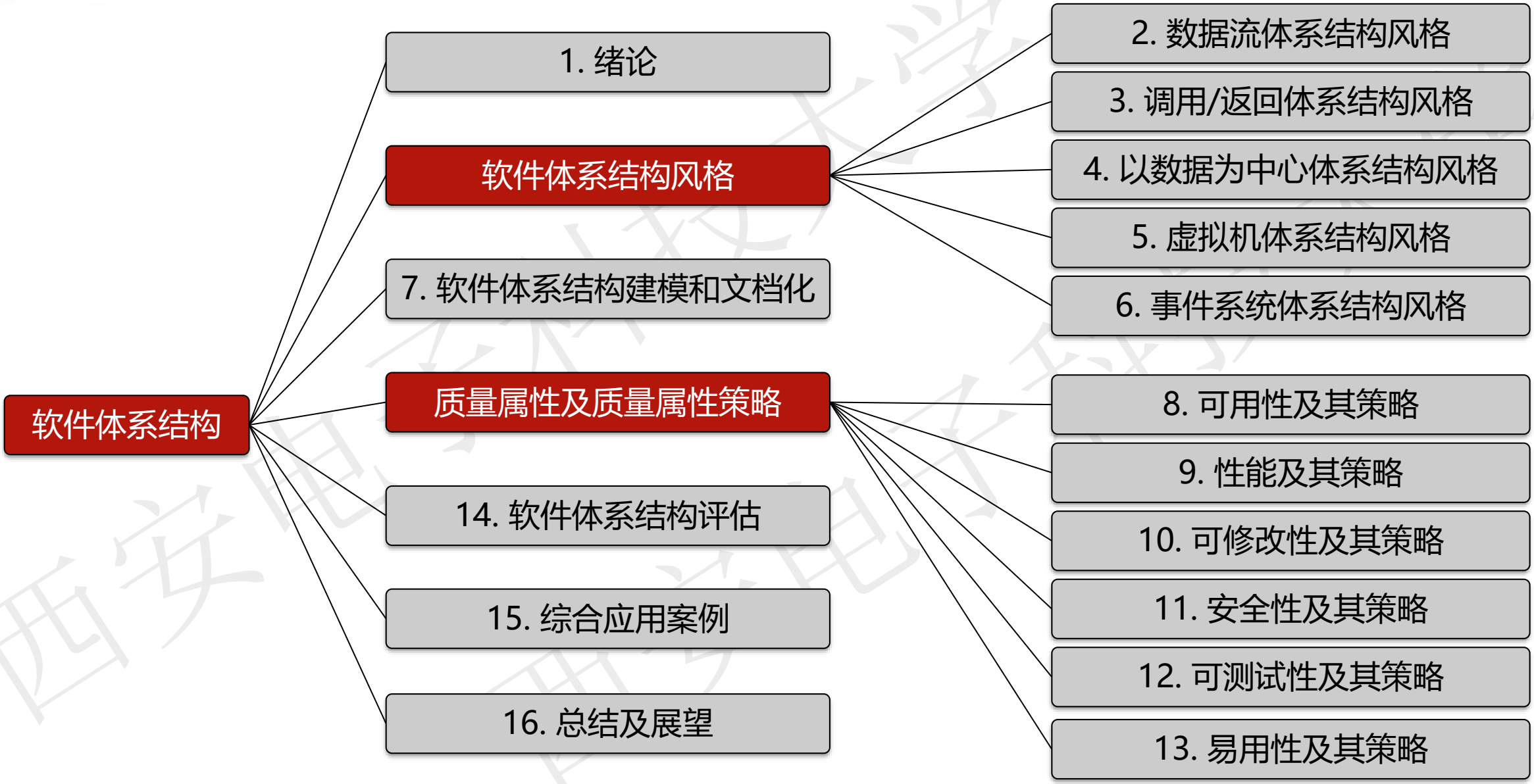
软件体系结构的主题是针对复杂软件系统的高层结构、组织单元之间的相互关系的描述，以及围绕这种描述开展的各项活动，如设计、评估、实现、管理等。

《软件体系结构》课程是**软件工程专业核心课程**，在该课程**32学时**的学习中，同学们将**学习软件体系结构的基本概念、原则和方法。**同时，通过实际软件项目设计任务**驱动**学生运用理论知识主动**思考架构方案**，**引导**学生应用辅助工具**完成系统架构设计、评估和实现**。**体验**软件架构师在软件项目全生命周期的任务、角色，搭建软件体系结构“学与用”的桥梁。

课程大纲


软件体系结构
绪论
软件体系结构风格
软件体系结构建模和文档化
质量属性及质量属性策略
软件体系结构评估
综合应用案例
总结及展望
数据流体系结构风格
调用/返回体系结构风格
以数据为中心体系结构风格
虚拟机体系结构风格
事件系统体系结构风格
可用性及其策略
性能及其策略
可修改性及其策略
安全性及其策略
可测试性及其策略
易用性及其策略

课程大纲


软件体系结构
1. 绪论
软件体系结构风格
2. 数据流体系结构风格
3. 调用/返回体系结构风格
4. 以数据为中心体系结构风格
5. 虚拟机体系结构风格
6. 事件系统体系结构风格
7. 软件体系结构建模和文档化
质量属性及质量属性策略
8. 可用性及其策略
9. 性能及其策略
10. 可修改性及其策略
11. 安全性及其策略
12. 可测试性及其策略
13. 易用性及其策略
14. 软件体系结构评估
15. 综合应用案例
16. 总结及展望

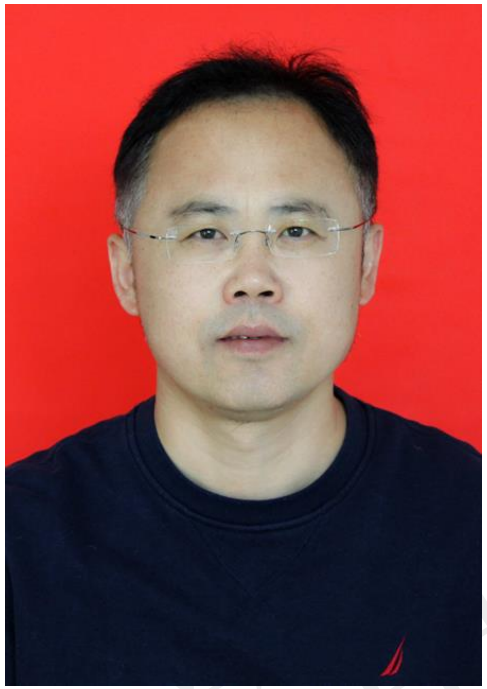
课程目标

- 理解体系结构定义
- 熟悉体系结构风格
- 准确描述一个体系结构
- 制定、选择体系结构方案
- 为特定应用定制体系结构
- 利用现有工具加速开发过程
- 构建满足特定体系结构要求的中等规模软件系统

课程团队

10年《软件体系结构》课程教学经验 & 丰富软件项目设计研发经历

课程团队-课程负责人



课程负责人：李青山

- **个人简介**：李青山，博士，教授，博士生导师，教育部省级重点学科“软件工程”学术带头人，CCF软件工程专委会委员、大数据专委会委员，青年工作委员会委员。发表SCI/EI检索论文80余篇，编著2部（英文1部），获授权发明专利20余项，授权软件著作权20余项。长期深入从事软件工程中自适应软件演化方法、软件体系结构模型等方向，在动态智能化软件工程、基于大数据的智能决策支持等方面取得了许多创造性成果。自2010年任职教授至今，共主持了国家和省部级科研项目30余项，包括国家自然科学基金项目3项，国家863重大项目子课题1项、国防973项目子课题1项、国防预研项目4项，以及重点实验室基金项目、研究院所重点合作项目、省级创新工程计划项目等国家和省部级项目20余项。
- **主讲章节**
  - ✓ 绪论

课程团队-主讲教师

主讲教师：鲍亮

- **个人简介**：鲍亮，博士，副教授、博士生导师，大数据联合研究中心主任。自2006年起开始从事软件工程、软件体系结构等方面的研究，主要研究方向包括面向云计算的技术、大数据分析等。近5年来，主持国家自然基金和国防预研项目5项，参与国家级科研项目5项，及其他软件项目30余项。围绕相关研究领域公开发表或录用的学术论文30余篇，申请专利10项，软件著作权8项，出版云计算、大数据方面专著3本。
- **主讲章节**
  - ✓ 调用/返回体系结构风格
  - ✓ 虚拟机体系结构风格
  - ✓ 总结与展望

课程团队-主讲教师

主讲教师：邓岳

- **个人简介**：邓岳，博士，副教授，硕士生导师。2007年参加工作，目前承担多门本科生及研究生课程的主讲，包括软件体系结构、软件建模技术、软件工程经济学、.NET程序设计、工程概论等。曾获得青年教师讲课竞赛校级三等奖、院级一等奖。主要研究方向为生物信息学，先后发表SCI检索学术论文8篇，获得2项发明专利授权，申请2项软件著作权。获得西安电子科技大学优秀科研成果奖一等奖。承担国家自然科学基金项目1项，参与国家自然科学基金项目多项。
- **主讲章节**
  - ✓ 可用性及其策略
  - ✓ 性能及其策略
  - ✓ 可修改性及其策略
  - ✓ 安全性及其策略
  - ✓ 可测试性及其策略
  - ✓ 易用性及其策略

课程团队-主讲教师

主讲教师：蔺一帅

- **个人简介**：蔺一帅，博士，讲师，硕士生导师。2013年于Université de technologie de Belfort Montbéliard (法国贝尔福-蒙贝利亚科学技术大学)获得计算机科学博士学位。曾任职于Univeristé de Haute-Alsace（法国上阿尔塞斯大学），担任ATER（讲师）。主要研究方向为面向智能体的软件工程、智能决策软件。先后参与了法国IRTES-SeT、国家自然基金、国防预研、西安市科技计划、企业合作研发等多项科研项目，在国内外权威期刊与会议上发表论文20余篇，申请多项国家发明专利。其指导的“智搜”软件获得“研究生移动终端应用设计创新大赛”国家级二等奖。
- **主讲章节**
  - ✓ 数据流体系结构风格
  - ✓ 以数据为中心的体系结构风格
  - ✓ 事件系统体系结构风格
  - ✓ 软件体系结构评估
  - ✓ 综合应用案例

课程团队-主讲教师

主讲教师：王璐

- **个人简介**：王璐，讲师，博士。2018年12月于西安电子科技大学获得软件工程专业博士学位。同年留校工作，现为计算机科学与技术学院软件工程系讲师。主要研究方向包括代码大数据驱动的智能化软件研发、运维大数据驱动的软件动态演化与自适应、基于搜索的软件工程等。近年来，在软件工程、自主计算等领域的国内外权威期刊与顶级会议上发表论文20余篇。
- **主讲章节**
  - ✓ 软件体系结构建模和文档化

参考教材

主要教材

- ✓Software Architecture: Perspectives on an Emerging Discipline, Mary Shaw, David Garlan, Prentice-Hall, 1996

辅助教材

- ✓Software Architecture in Practice, Second Edition by Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. Addison Wesley . 2003
- ✓The Art of Software Architecture : Design Methods and Techniques. Stephen T. Albin, John Wiley&Sons,Inc. 2003
- ✓软件体系结构原理、方法与实践，第2版，张友生等编著，清华大学出版社，2014

考核方式

章节练习*50% + 期末考试*50% = 课程成绩

软件体系结构

让我们开始

软件体系结构（Software Architecture）……

西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
SCHOOL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY
国家示范性软件学院
NATIONAL PILOT SCHOOL OF SOFTWARE ENGINEERING

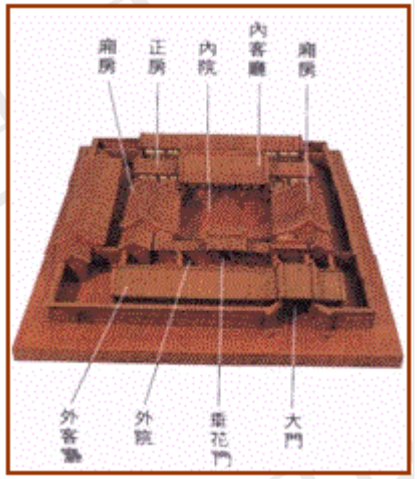
绪论

Introduction

主讲人：李青山 教授

Architecture

什么是 Architecture?



architecture — Dictionary

生词标记:

/ˈɑːkitektʃə/

英汉－汉英词

1. *n.* 建筑学,
2. 建筑风格,

形容词: architect
副 词: architectu

图三 北京四合院

近义词词典

近义词:

[n.] building, edifice, discipline, subject, subject area, subject field, field

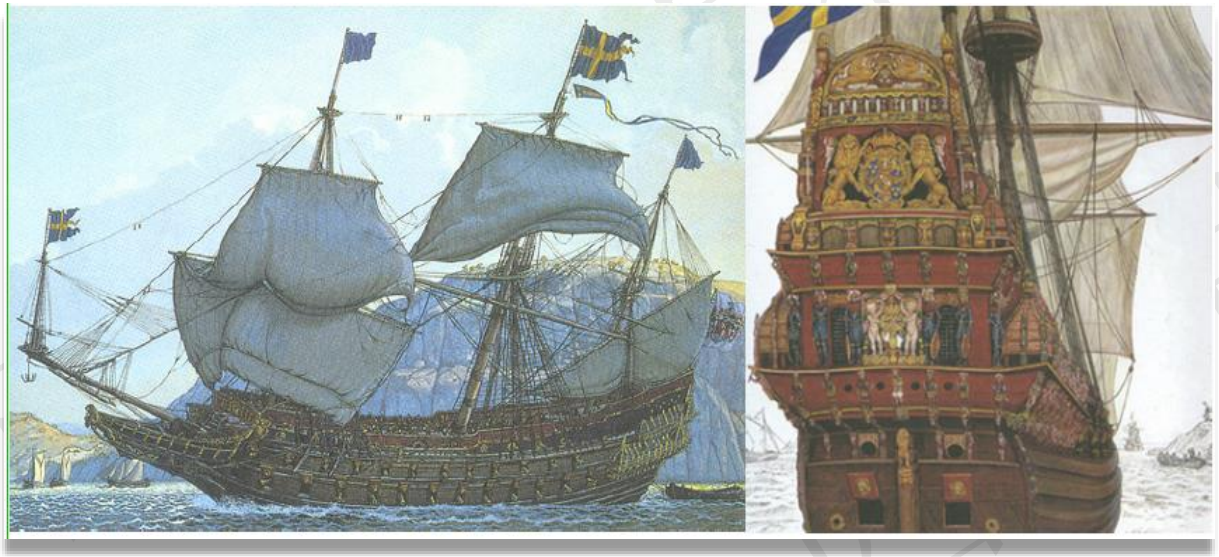
词组 | 习惯用语

academy o
建筑学会
advanced
高级计算机
ancient arc
古代建筑
architectur
建筑业协会
bionical ar
仿生建筑
byzantine
拜占庭建筑

Architecture的辞典定义

Architecture

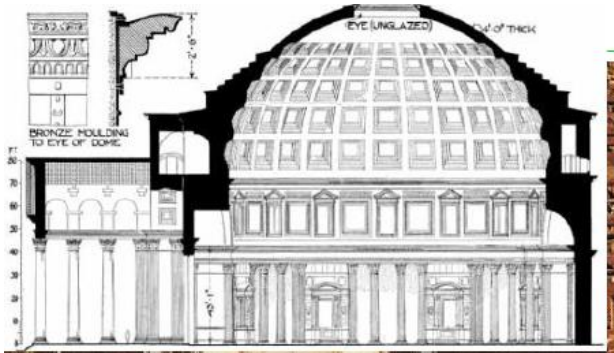
构建 Architecture?

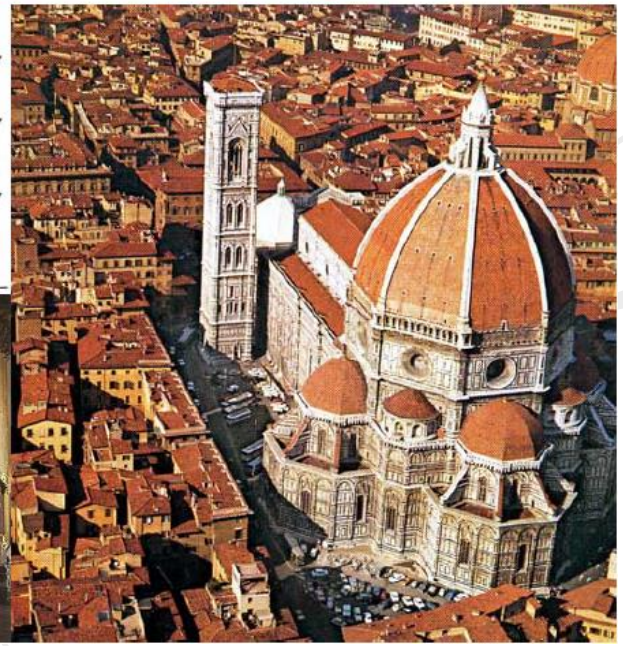


瑞典的瓦萨战舰

圣·玛利亚百花大教堂

案例一 圣·玛利亚百花大教堂





1296年，佛罗伦萨开始动工修建一座“具有无与伦比之华美和尊荣的主教殿，足以使任何教堂都相形见绌”的圣·玛利亚百花大教堂。然而，大教堂在盖好本体后，圆顶部分依然空了50年无法完工。直到1418年，这座梦想中的建筑仍未完成。

需求

WHY?

没有钢筋、混凝土等现代建材的时代，如何筑成全世界最巨大的石砌砖造圆顶？少了鹰架和电动吊车，该怎么把37000吨的大理石安稳放置在50米的高空中？

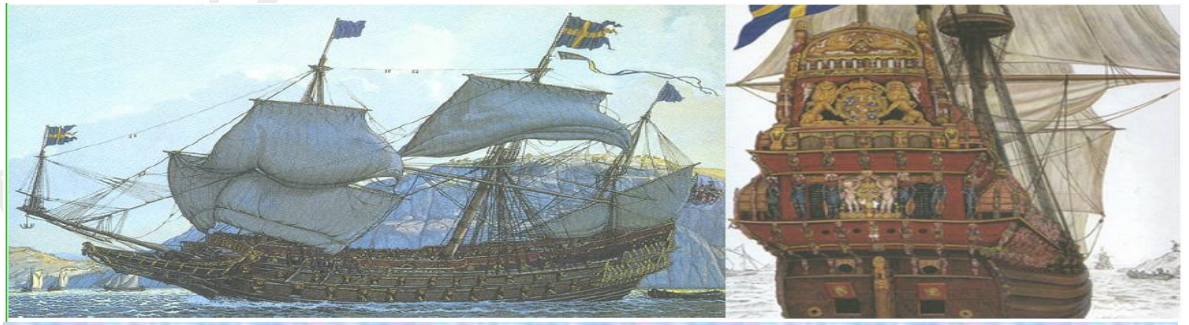
建筑体系结构

没人提供的巨大拱顶和圆顶，以及其中设备的设计方案。以当时的经验，面对这类建筑体系结构，设计师无法在美观和安全之间做出任何妥协。

案例二 瑞典瓦萨战舰

1620年代，瑞典与波兰交战。瑞典国王下令建造一艘巨型战舰，长70m，载员300人，两层甲板，64门重炮，以尽快结束战争。建造期间，国王得知了丹麦建成三层炮舰的消息，于是在战舰骨架已经基本搭好之后，他又决定，为原计划修建单层炮舰的“瓦萨”号增加一个枪械甲板，把它改建成“双层”炮舰，使得“瓦萨”号拥有了双排、64门舰炮，全长达到了69米，成为当时装备最齐全、武装程度最高的战船。1628年，Vasa战舰建造完成，在下水鸣放了几响礼炮之后，很快沉入水中。

需求



WHY?

虽然Vasa战舰制造工艺精良，但船体比例严重失调，体系结构存在致命缺陷。

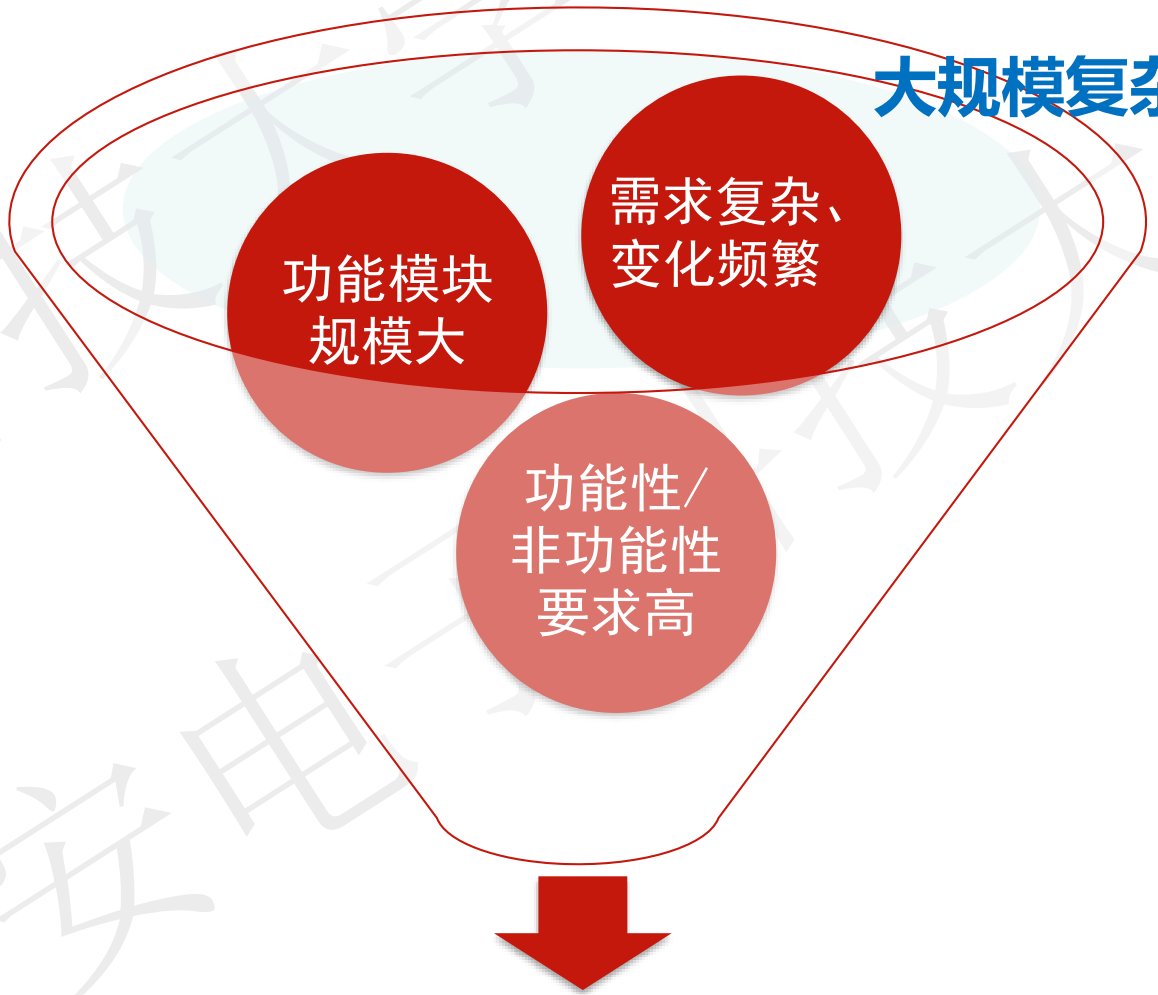
建筑体系结构

设计师在先前人设计经验的基础上，既要执行暴躁国王的“功能性”需求，又要考虑“非功能性”要求（如安全性、可靠性、造价等）。面对诸多相互冲突的约束条件，做出了错误的权衡，对一些不可能实现的要求做了妥协。

软件体系结构的动机

建筑体系结构

软件体系结构



总体的系统结构设计比计算算法和数据结构的选择更为重要

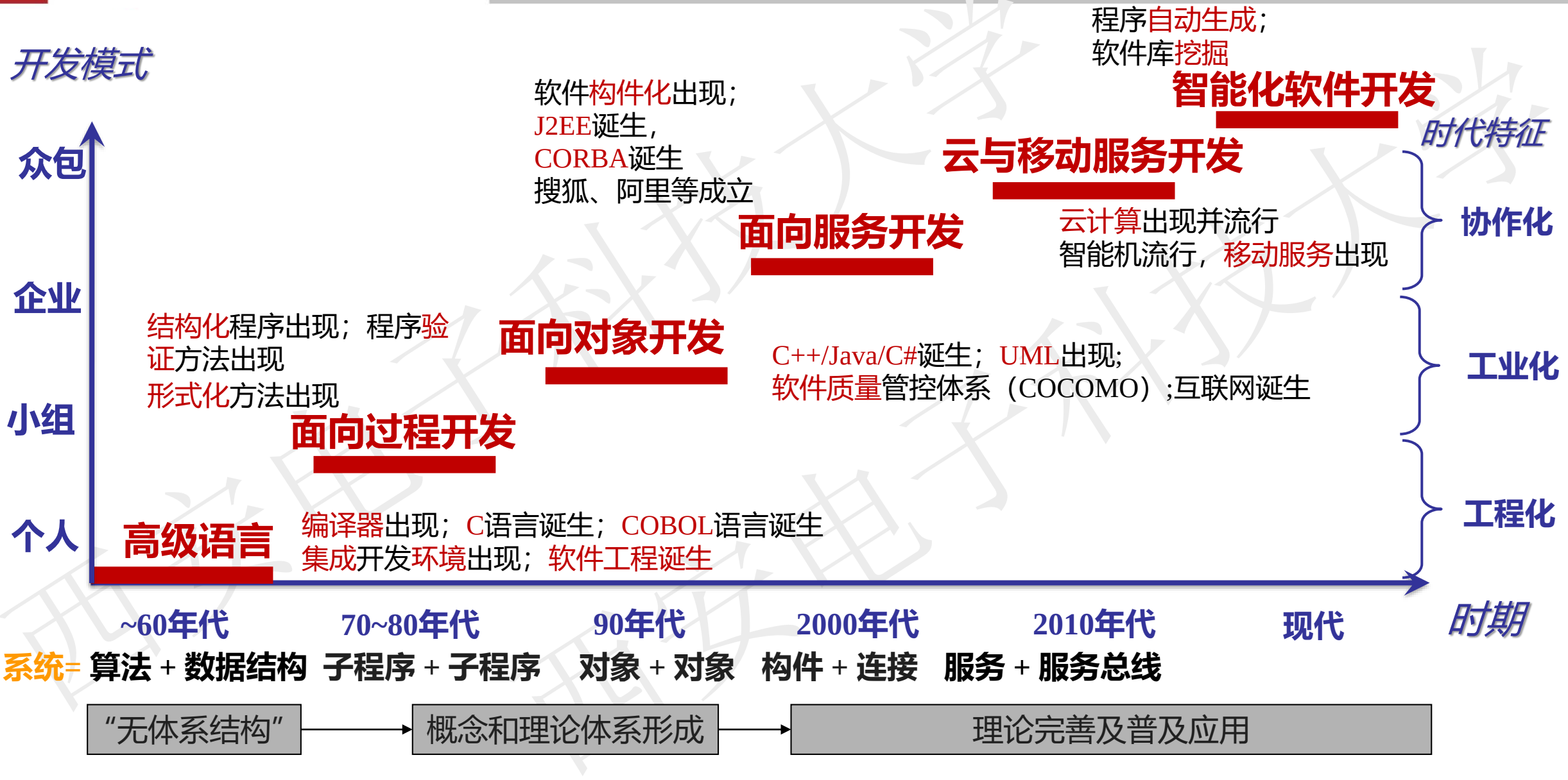
本节内容

1. 软件体系结构的发展史
2. 软件体系结构定义
3. 软件体系结构的研究活动
4. 软件体系结构的作用

软件体系结构的发展史


开发模式
众包
企业
小组
个人
程序自动生成；
软件库挖掘
智能化软件开发
软件构件化出现；
J2EE诞生，
CORBA诞生
搜狐、阿里等成立
云与移动服务开发
面向服务开发
云计算出现并流行
智能机流行，移动服务出现
结构化程序出现；程序验证方法出现
形式化方法出现
面向对象开发
C++/Java/C#诞生；UML出现;
软件质量管控体系（COCOMO）;互联网诞生
面向过程开发
高级语言
编译器出现；C语言诞生；COBOL语言诞生
集成开发环境出现；软件工程诞生
时代特征
协作化
工业化
工程化
~60年代
70~80年代
90年代
2000年代
2010年代
现代
时期
系统= 算法 + 数据结构
子程序 + 子程序
对象 + 对象
构件 + 连接
服务 + 服务总线

软件体系结构的发展史


开发模式
众包
企业
小组
个人
程序自动生成；
软件库挖掘
智能化软件开发
软件构件化出现；
J2EE诞生，
CORBA诞生
搜狐、阿里等成立
云与移动服务开发
面向服务开发
云计算出现并流行
智能机流行，移动服务出现
时代特征
协作化
结构化程序出现；程序验证方法出现
形式化方法出现
面向对象开发
C++/Java/C#诞生；UML出现;
软件质量管控体系（COCOMO）;互联网诞生
工业化
面向过程开发
高级语言
编译器出现；C语言诞生；COBOL语言诞生
集成开发环境出现；软件工程诞生
工程化
~60年代
70~80年代
90年代
2000年代
2010年代
现代
时期
系统= 算法 + 数据结构
子程序 + 子程序
对象 + 对象
构件 + 连接
服务 + 服务总线
“无体系结构”
概念和理论体系形成
理论完善及普及应用

软件体系结构的发展史

1968北大西洋公约组织(NATO)会议上第一次出现词语
“Software Architecture（软件体系结构/软件架构）”

体系结构出现
(1968)

概念体系和理论体系形成

理论完善和普及应用

软件体系结构的发展史

体系结构出现（1968）

1968北大西洋公约组织(NATO)会议上第一次出现词语“Software Architecture（软件体系结构/软件架构）”

概念体系和理论体系形成

软件体系结构的定义逐渐明确；相关体系结构书籍出版；体系结构风格、描述方法、演化及重用等研究方向成为软件工程领域的研究热点。

理论完善和普及应用

软件体系结构的发展史

体系结构出现（1968）

1968北大西洋公约组织(NATO)会议上第一次出现词语“Software Architecture（软件体系结构/软件架构）”

概念体系和理论体系形成

软件体系结构的定义逐渐明确；相关体系结构书籍出版；体系结构风格、描述方法、演化及重用等研究方向成为软件工程领域的研究热点。

理论完善和普及应用

1999年，1st IFIP软件架构会议召开；Markup架构描述语言提出，支持广泛的架构模型共享；软件产品线被提出，吸引了大量的大型企业的关注； IEEE 1471-2000发布，为软件架构的普及应用制定了标准化规范。

本节内容

1. 软件体系结构的发展史
2. **软件体系结构定义**
3. 软件体系结构的研究活动
4. 软件体系结构的作用

软件体系结构定义

系统草图　构件集合　设计决策...

定义**驳杂多端**

- 组成派
- 决策派

组成派关注于软件本身，将软件体系结构看做构件和交互的集合。

有哪些部分组成，如何组成，强调整体结构和配置

决策派关注于软件架构中的实体（人），将软件体系结构视为一系列重要设计决策的集合。

人员意志和决策，注重架构风格和模式的选择

软件体系结构定义-组成派定义

1992年，D E.Perry与A L.Wolf对软件架构进行了阐述，认为软件体系结构是具有一定形式的结构化元素。这一定义在大多数定义中被广泛继承。

【Perry and Wolf, 1992】 A set of architectural (or, if you will, design) elements that have a particular form. Perry and Wolf distinguish between processing elements, data elements, and connecting elements, and this taxonomy by and large persists through most other definitions and approaches.

- **元素（elements）**是指具有一定形式的结构化元素。包括处理元素（processing elements）、数据元素（data elements）和连接元素（connecting elements）。
  - ✓ 处理元素负责对数据进行加工
  - ✓ 数据元素是被加工的信息
  - ✓ 连接元素把体系结构的不同部分组合连接起来

软件体系结构定义-组成派定义

1993年， D Garlan, M Shaw提出软件架构包括component、connector和constraint三大要素。

【D Garlan, M Shaw, 1993】...beyond the algorithms and data structures of the computation; designing and specifying the overall system structure emerges as a new kind of problem. Structural issues include gross organization and global control structure; protocols for communication, synchronization, and data access; assignment of functionality to design elements; physical distribution; composition of design elements; scaling and performance; and selection among design alternatives.“

- **软件设计过程中的一个层次**，超越了计算过程中的算法设计和数据结构设计。
- **组件（component）**可以是一组代码，也可以是独立的程序；
- **连接件（connector）**用于表示组件之间的相互关系，可以是过程调用、管道和消息等；
- **约束（constraint）**为组件连接时的条件。

软件体系结构定义-组成派定义

2011年，ISO/IEC/IEEE标准中定义软件架构是某一系统的基本组织结构，其内容包括软件构件，构件间的联系，构件与其环境间的联系，以及指导上述内容设计与演化的原理。

【ISO/IEC/IEEE, 2011】 **ABSTRACT** ISO/IEC/IEEE 42010:2011 addresses the creation, analysis and sustainment of architectures of systems through the use of architecture descriptions. A conceptual model of architecture description is established. The required contents of an architecture description are specified. Architecture viewpoints, architecture frameworks and architecture description languages are introduced for codifying conventions and common practices of architecture description. The required content of architecture viewpoints, architecture frameworks and architecture description languages is specified. Annexes provide the motivation and background for key concepts and terminology and examples of applying ISO/IEC/IEEE 42010:2011.

软件体系结构定义-决策派定义

1999年， Booch，Rumbaugh and Jacobson从另一个角度对软件架构的概念进行了全新的诠释，认为架构是一系列重要决策的集合。

【Booch, 1999】An architecture is the set of important decisions about the organization of a software system, the selection of the structural elements and their interfaces by which the system is composed, together with their behavior as specified in the collaborations among those elements, the composition of these structural and behavioral elements into progressively larger subsystems, and the architectural style that guides this organization composition. — these elements and their interfaces, their collaborations, and their composition.

- **一系列重要决策的集合关于：**
  - ✓ 软件系统的组织；
  - ✓ 组成系统的结构元素和它们之间的接口，及这些元素相互协作时所体现的行为；
  - ✓ 如何组合这些元素，使它们逐渐合成为更大的子系统；
  - ✓ 指导这一软件系统组织的架构风格。

软件体系结构定义-决策派定义

在Booch定义的基础上，其他决策派定义产生。

【 Anton, 2005】软件架构是架构层次上所有设计决策的集合体，这些设计决策与以下内容有关：架构改造的影响、原理、设计准则、设计约束以及附加需求。

【 Kruchten, 2006 】软件体系结构是设计决策+设计（设计决策的推理过程）。

软件体系结构定义-其他定义

业界还存在一些其他观点，从独特的角度诠释软件体系结构【CMU, 2018】

Vivek Khare认为软件架构是设计和构建软件应用的科学和艺术，这些软件应用满足生命周期中用户的各种需求。

Aakash Ahmad认为软件架构是包含设计、演化、构建配置的推理和构件互连关系的高层抽象结构。

Andreas Rausch认为软件架构是一个针对软件改变的框架。

Muthu Rajagopal认为软件架构是能够有效组合在一起的软件和硬件构件的集合，这些构件组合后能满足预期需求。

软件体系结构定义-总结

基于D Garlan, M Shaw的定义，我们可将软件体系结构的定义理解为：

软件体系结构 = 组件 + 连接件 + 约束

Software Architecture = Components + Connectors + Constrains

- **组件：**具有某种功能的可重用的软件模块单元，表示了系统中主要的计算单元和数据存储。
- **连接件：**表示了组件之间的交互，简单的连接件有：管道（pipe）、过程调用（procedure-call）、事件广播（event broadcast）等。复杂的连接件有：客户 - 服务器（client-server）通信协议，数据库和应用之间SQL连接等。
- **约束：**表示了组件和连接件的拓扑逻辑和约束（constraint）。

本节内容

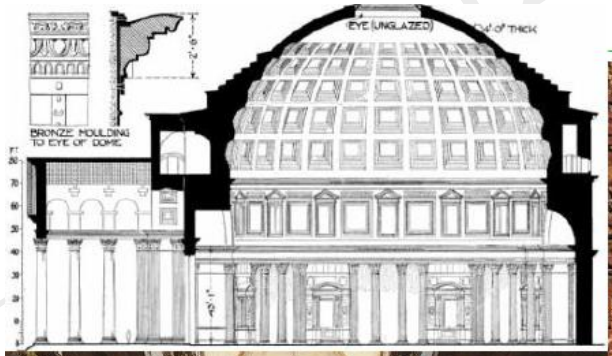
1. 软件体系结构的发展史
2. 软件体系结构定义
3. **软件体系结构的研究活动**
4. 软件体系结构的目标与作用

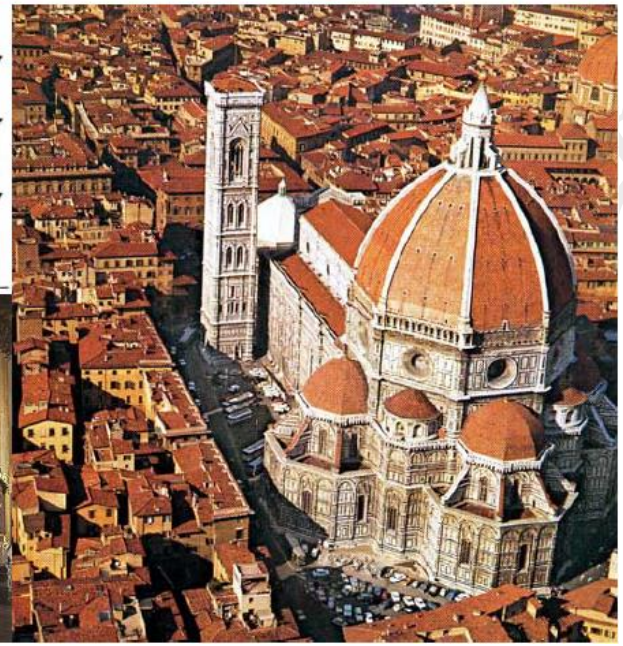
软件体系结构的研究活动-从建筑体系结构看起

建筑完成之后，如何对其进行恰当程度的修改？重要模块有了更改后，如何保证整栋建筑质量不受影响？

如何快速节省的将图纸变为实物(即施工过程)？

基本的建筑单元都有哪些？





如何绘制建筑体系结构的图纸？

有哪些典型的建筑风格？

如何根据图纸进行质量评估？

建筑模块怎样搭配才合理？

每种典型建筑(医院、工厂、旅馆)的典型结构是什么样子？需要什么样的构件？

有哪些实用、美观、强度、造价合理、可复用的大粒度建筑单元，使建造出来的建筑更能满足用户的需求？

软件体系结构的研究活动-软件体系结构要解决的问题

软件的**基本构造单元**是什么?

这些构造单元之间如何**连接**?

最终形成何种样式的**拓扑结构**?

典型应用领域的**典型体系结构**是什么样子?

如何进行软件体系结构的**设计与实现**?

如果对已经存在的软件体系结构进行**修改**?

使用何种**工具**来支持软件体系结构的设计?

如何对软件体系结构进行**描述、分析和验证**?

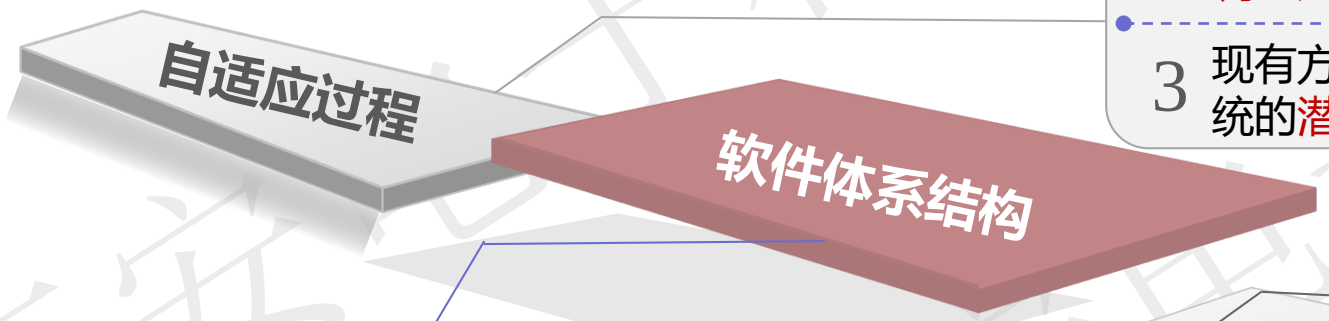
软件体系结构的研究活动-软件体系结构的研究内容

- 软件体系结构的建模与表示（Architecture Modeling and Documenting)
- 软件体系结构风格的研究(Software Architecture Styles)
- 体系结构描述语言(Architecture Description Language,ADL)
- 软件体系结构的评价方法(Architecture Evaluation)
- 软件产品线及特定领域软件框架的研究(Product line and DSSA)
- 动态软件体系结构
- 。。。

软件体系结构的研究活动-动态演化自适应体系结构

动态演化自适应体系结构——来源

为解决软件运行环境开放性、动态性、多变性等引起系统频繁变化的问题，对软件提出了自适应性要求。软件体系结构通过实体关联描述组件间的交互关系，其被整个运行环境共享，因此可作为触发条件驱动软件系统自适应演化，对整个软件系统进行监控，实现全局的适应。



1 现有自适应框架调整层次单一。

2 现有方法忽略变化特征与系统结构特点。

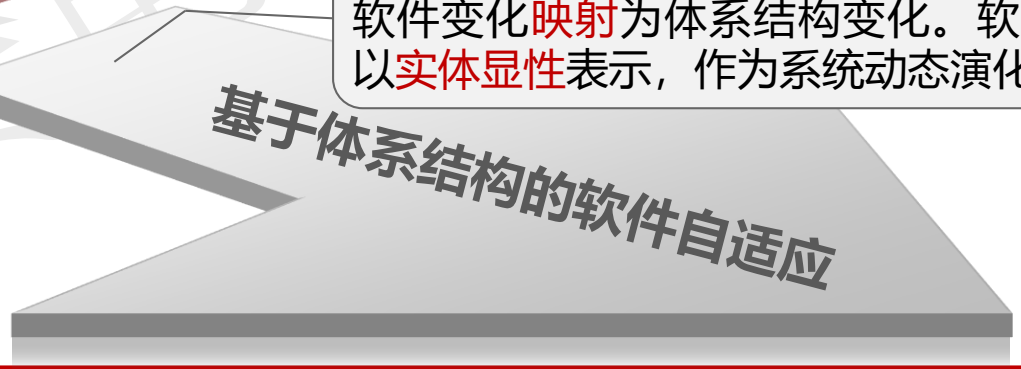
3 现有方法忽略了变化间关联关系及变化对系统的潜在影响。

面临瓶颈

1 软件体系结构为考察自适应系统提供了全面、系统、易于理解的模型

2 软件体系结构有助于对自适应系统动态演化的正确和有效评估

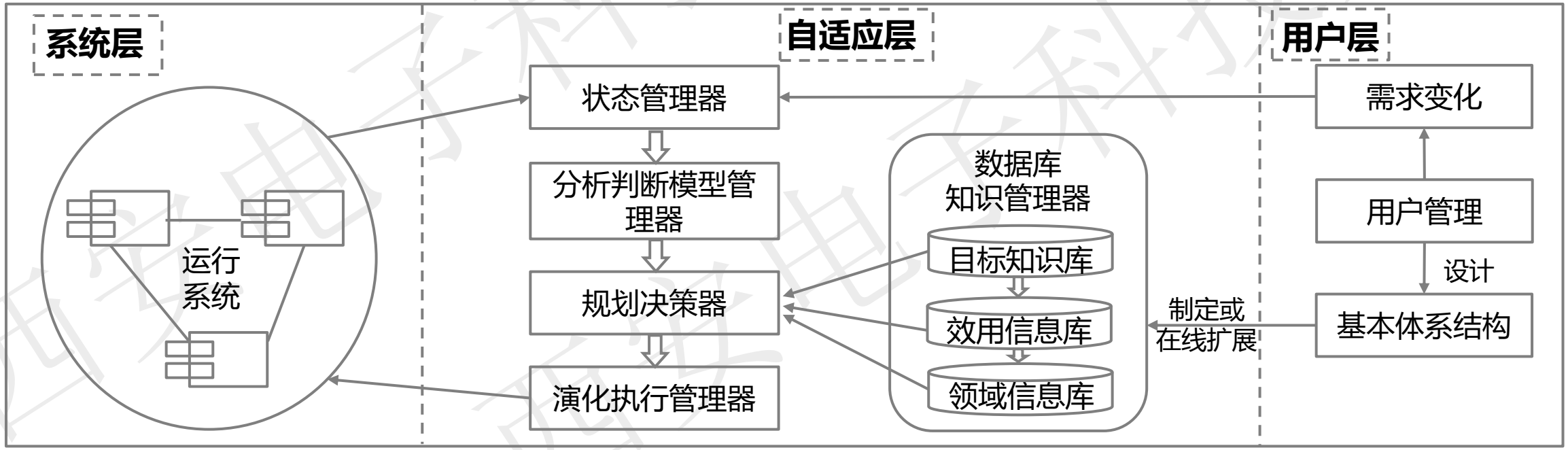
基于体系结构的自适应系统动态演化，就是将软件变化映射为体系结构变化。软件体系结构以实体显性表示，作为系统动态演化的依据。



软件体系结构的研究活动-动态演化自适应体系结构

动态演化自适应体系结构——过程

基于体系结构的软件自适应需要引入基本体系结构生成器，负责从实际运行的系统中不断提取最新的软件体系结构信息，把系统自身的动态调整在体系结构的抽象层面上得以表达，引入演化执行管理器负责在实际系统上执行在软件体系结构层面表述的动态调整命令，实现软件自适应演化。

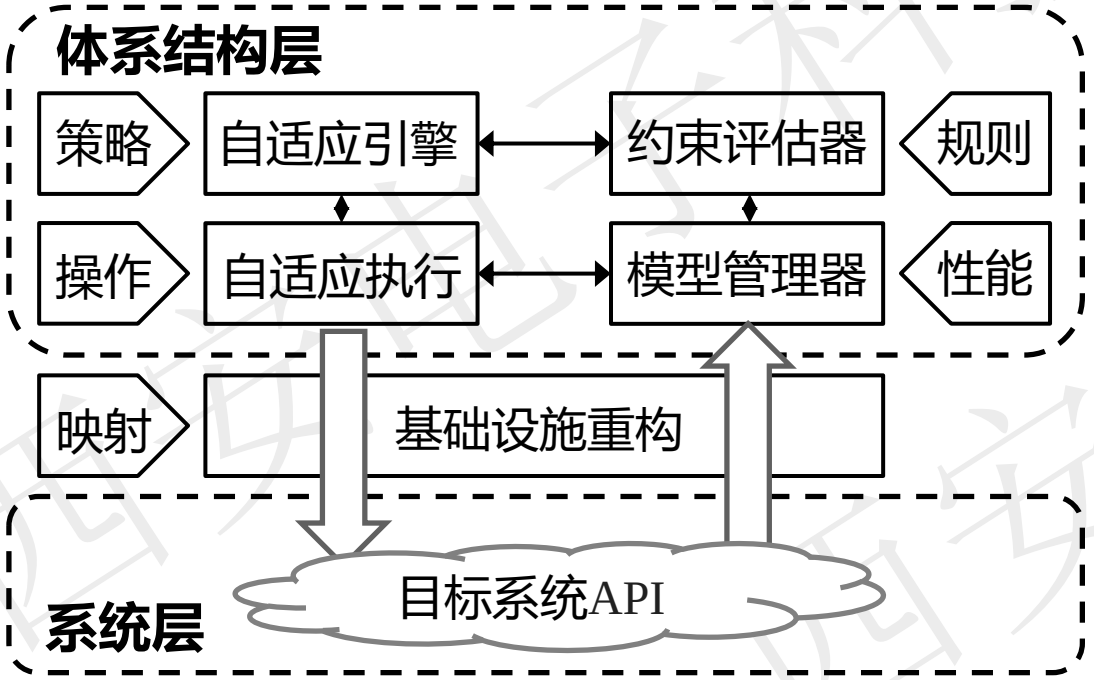


软件体系结构自适应动态演化

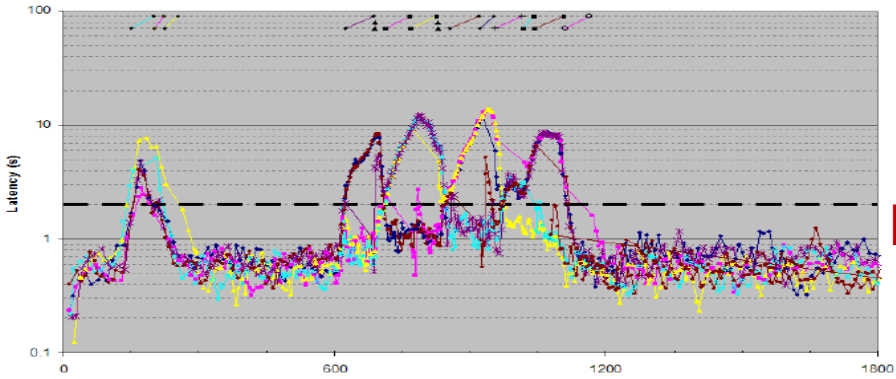
软件体系结构的研究活动-动态演化自适应体系结构

典型框架——RAINBOW

Rainbow框架由卡内基·梅隆大学(CMU)的SW Cheng团队于2004年提出，使用了基于外部模型的控制闭环来实现自适应调整。该方法使用软件体系结构模型动态监控系统，对系统约束规则及运行性能综合分析，通过系统API重构基础设施，应用于多种典型系统中自适应调整稳定性提升明显。

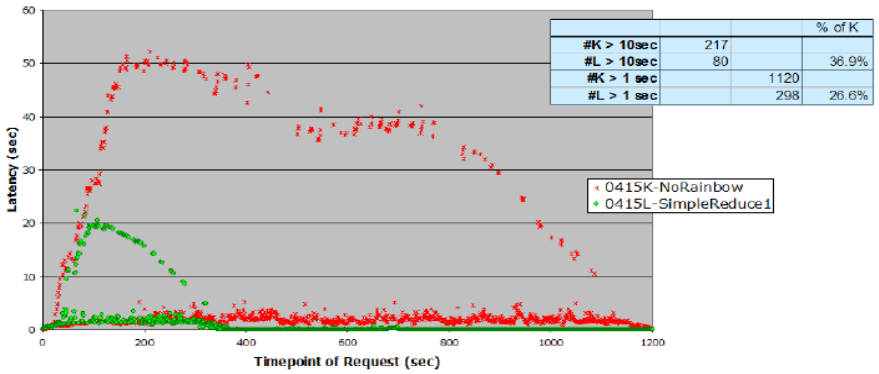


RAINBOW框架架构设计图



在Libra视频会议系统中多客户自适应过程稳定性测试图（左）

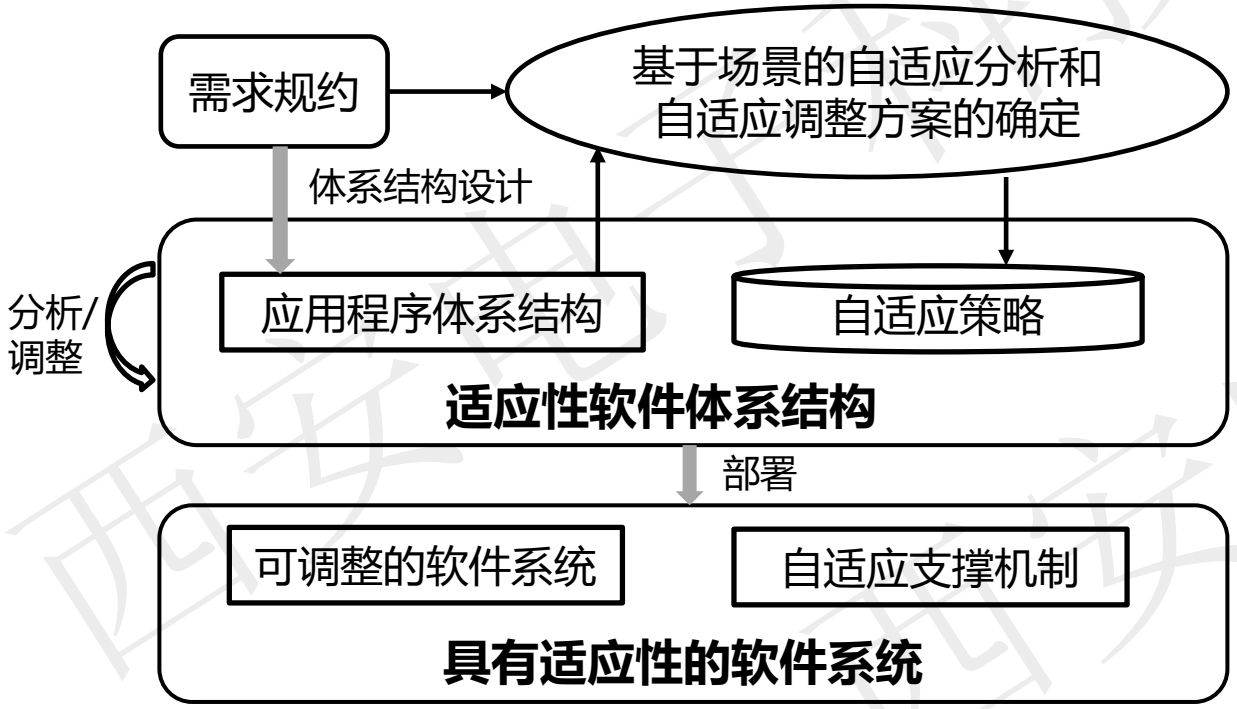
在典型系统Znn中自适应过程响应时间对比图（右）



软件体系结构的研究活动-动态演化自适应体系结构

典型框架——自适应软件体系结构方法

自适应软件体系结构方法(SASA)由北京大学梅宏院士于2008年提出，该方法首先根据需求规约设计体系结构，并依据需求规约选择与自适应相关的质量场景，然后按照体系结构分析方法选择适当的调整方案，最后根据方案对系统进行构件添加删除和重配置等调整，实现软件动态演化。



SASA框架图

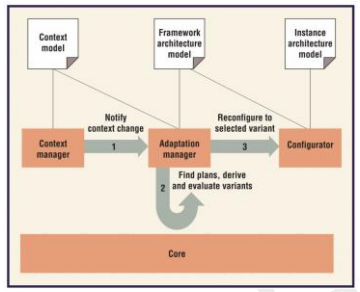
元素	动作	具体调整动作
构件	添加和删除	创建或释放容器实例
	替换	替换整个构件；替换构件契约；释放旧实例，并且创新新的实例
	构件的约束	添加、删除、替换相应的截取器
连接子	协议添加和删除	添加或删除相应的发送者和接收者,为传输层协议添加删除传输者
	对协议的调整	调整协议的实现
配置	重配置	上述调整的不同组合

体系结构层次的调整

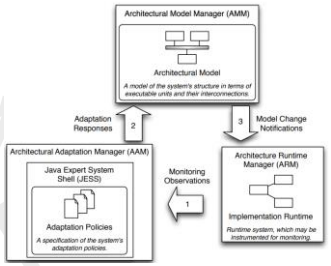
软件体系结构的研究活动-动态演化自适应体系结构

未来工作

目前，基于体系结构的自适应软件动态演化技术以成功应用于多种大型复杂系统（如电子商务系统、CPS系统等）。未来，结合最新理念扩宽研究思路，与新兴技术交叉融合实现广泛应用。

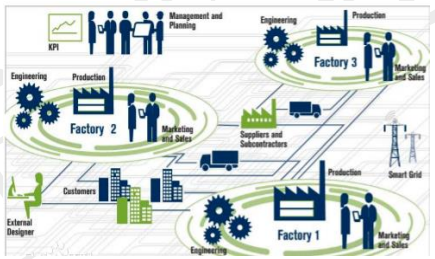


MADAM框架



PBAAM框架

应用



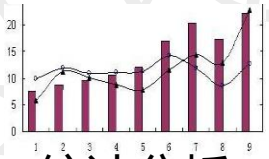
电子商务系统

物理信息融和系统

技术成熟，应用广泛

- 扩宽研究思路，应对不确定性

强化学习



统计分析

概率理论

- 交叉融合新技术，应对群体自适应

社群智能

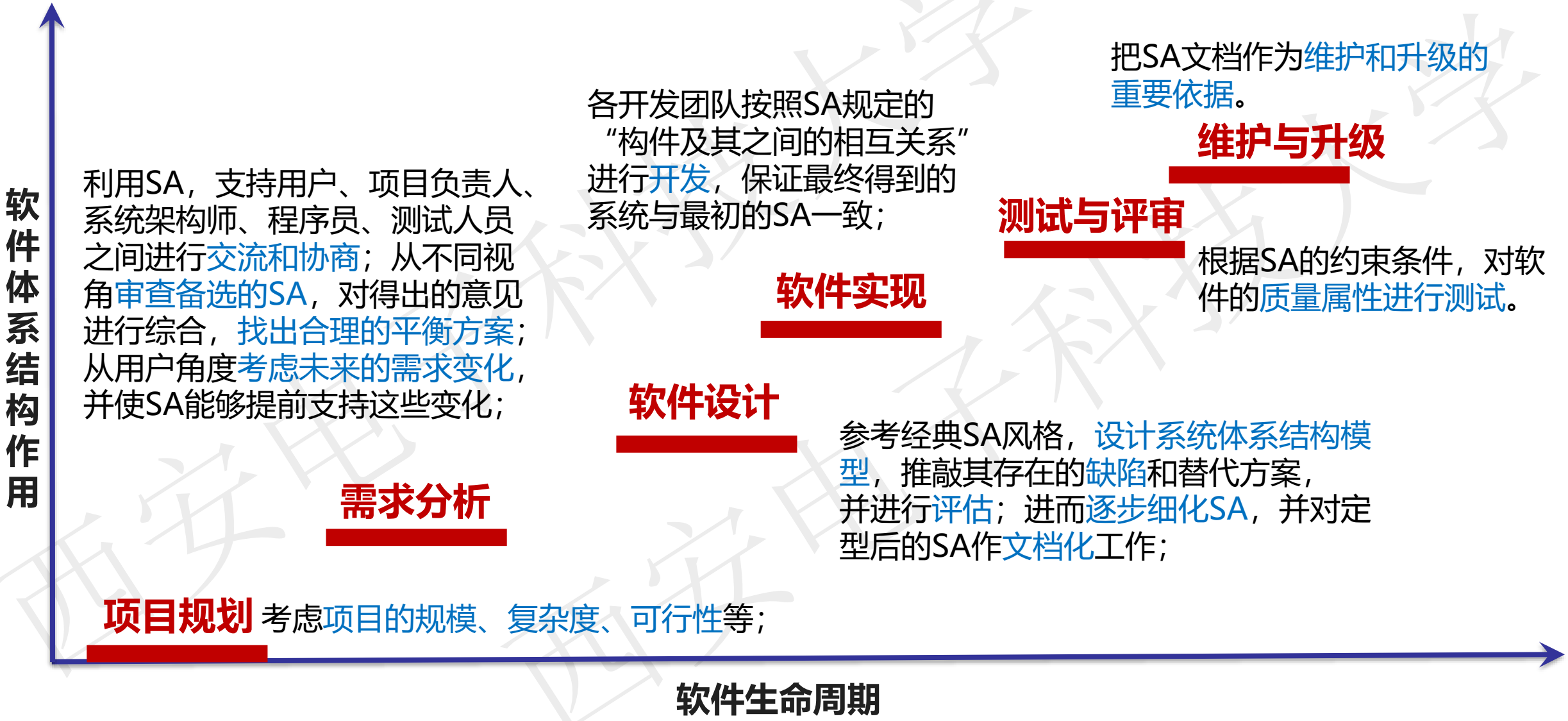
数据流推理

推动发展，展望未来

本节内容

1. 软件体系结构的发展史
2. 软件体系结构定义
3. 软件体系结构的研究活动
4. 软件体系结构的作用

软件体系结构的作用-软件生命周期中的作用



需求分析

利用SA，支持用户、项目负责人、系统架构师、程序员、测试人员之间进行交流和协商；从不同视角审查备选的SA，对得出的意见进行综合，找出合理的平衡方案；从用户角度考虑未来的需求变化，并使SA能够提前支持这些变化；

软件设计

参考经典SA风格，设计系统体系结构模型，推敲其存在的缺陷和替代方案，并进行评估；进而逐步细化SA，并对定型后的SA作文档化工作；

软件实现

各开发团队按照SA规定的“构件及其之间的相互关系”进行开发，保证最终得到的系统与最初的SA一致；

测试与评审

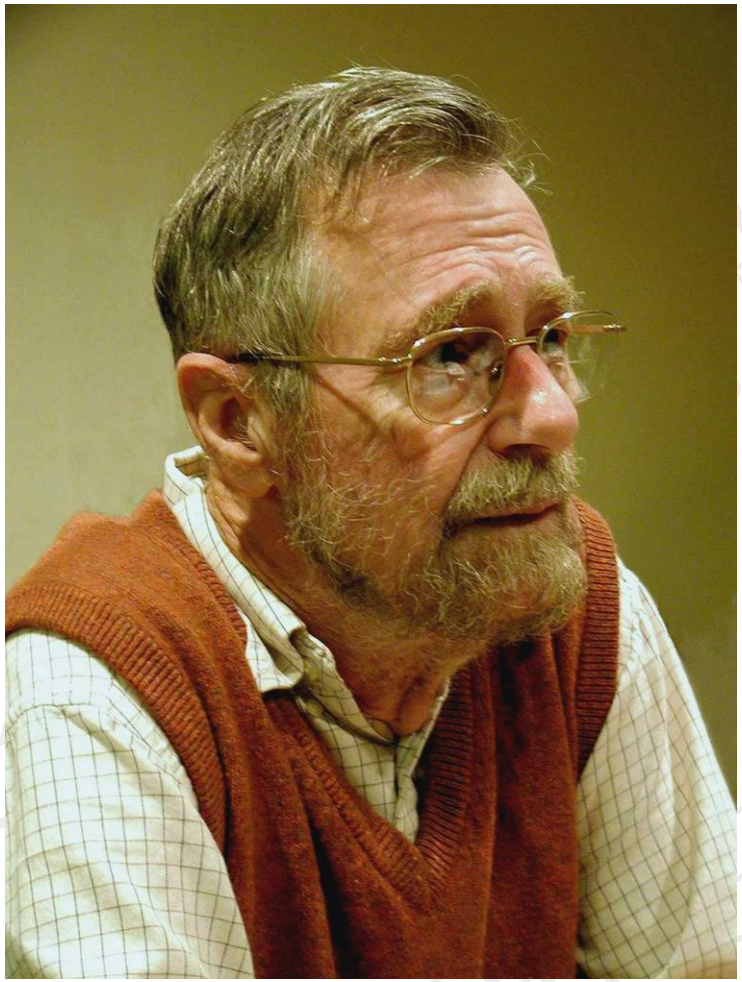
根据SA的约束条件，对软件的质量属性进行测试。

维护与升级

把SA文档作为维护和升级的重要依据。

项目规划 考虑项目的规模、复杂度、可行性等；

软件体系结构的作用-SA is very important



图灵奖获得者：Edsger Dijkstra

借用艾兹格•迪科斯彻的话：

“… the larger the project, the more essential the structuring!” (1968)

Reference

- 【Perry and Wolf, 1992】Perry D E , Wolf A L . Foundations for the Study of Software Architecture [J]. ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, 1992, 17(4):40-52.
- 【 D Garlan, M Shaw, 1993】D Garlan, M Shaw. An introduction to Software Architecture [M]. Advances in software engineering and knowledge engineering, 1993:1-39.
- 【 ISO/IEC/IEEE, 2011】ISO/IEC/IEEE 42010:2011 [P42010/D1]， Systems and software engineering — Architecture description, 2011.
- 【Booch, 1999】G Booch, J Rumbaugh, I Jacobson. The Unified Modeling Language User Guide [M]. 2nd ed. Addison Wesley, 1999.
- 【 Anton, 2005】A Janse, J Bosch. Software Architecture as a Set of Architectural Design Decision [C]. Proceedings of the 5th working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture. IEEE, 2005:109-120.
- 【 Kruchten, 2006 】P Kruchten, P Lago, et al. Building up and reasoning about architectural knowledge [C]. Proceeding of the International Conference on the Quality of Software Architectures. Springer, Berlin, Heidelberg, 2006:43-58.
- 【CMU, 2018】Community Software Architecture Definitions [EB/OL]. http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/community.cfm, 2018

西安电子科技大学
XIDIAN UNIVERSITY

计算机科学与技术学院
SCHOOL OF COMPUTER SCIENCE AND TECHNOLOGY
国家示范性软件学院
NATIONAL PILOT SCHOOL OF SOFTWARE ENGINEERING

欢迎各位同学交流讨论

计算机科学与技术学院微信

课程讨论群

李青山 教授 博导

邮箱：qshli@mail.xidian.edu.cn

主页：https://web.xidian.edu.cn/qshli/