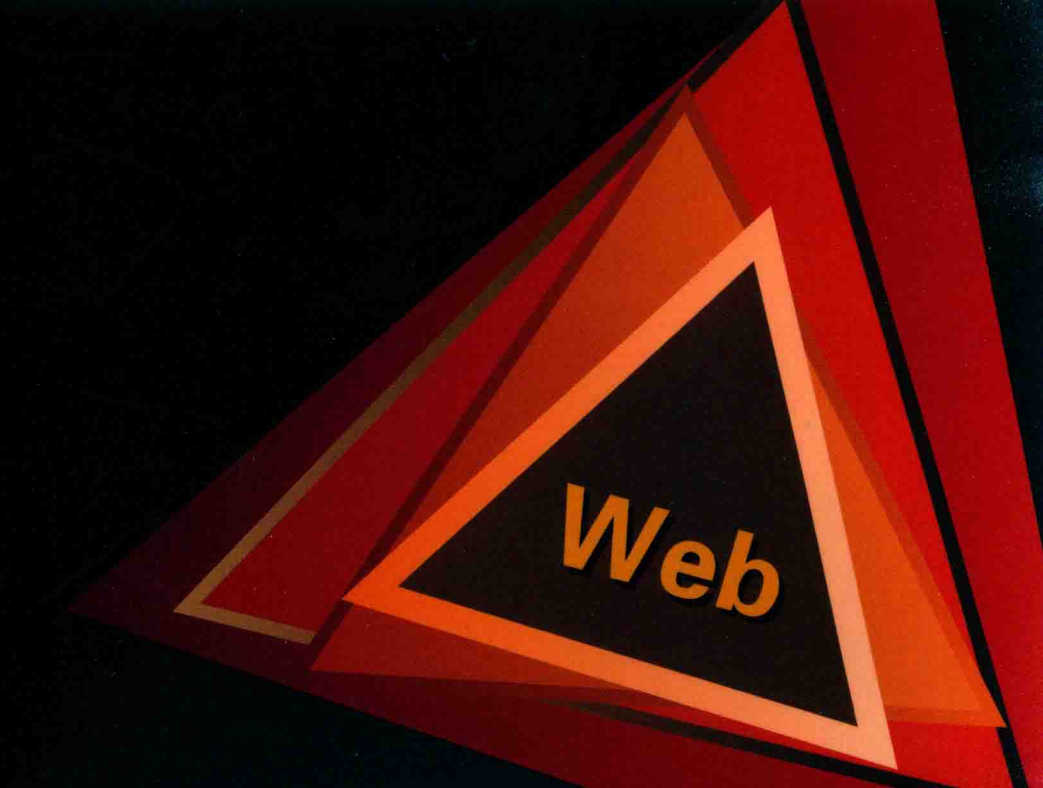




Web

Web Services
Development Technology

Web服务开发技术

■ 文 斌 等编著



國防工業出版社

National Defense Industry Press

TP393.092.1/24

2019

Web 服务开发技术

文 斌 等编著

RFID

北方工业大学图书馆



C00613648

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

服务作为一种自治、开放、与平台无关的网络化构件,可使分布式应用具有更好的复用性、灵活性和可增长性。互联网已逐渐演变成为目前计算的基础设施,服务作为承载和放大计算基础设施能力的软件生产方式成就云计算资源共享能力。特别是其落地应用技术——Web 服务开发技术,对于学术界和产业界,其理论和应用需求都十分旺盛。本书将云计算、服务计算、软件工程三者有机结合在 Web 服务开发技术之中,理论与实践相结合,案例丰富,反映最新主流软件工程技术发展方向。全书首先介绍服务计算的基础理论,进而重点掌握 SOA 的相关技术,包括 Web 服务技术基础、Web 服务实现技术、Web 服务高级技术、基于 SOA 的业务流程建模与服务组合等技术,要求熟练应用基于 Eclipse 的 Web 服务开发技术和基于 .Net 的 Web 服务开发技术进行软件开发实践。本书的特点是从产业需求出发,研究服务软件生产,积极探索 Web 服务开发关键方法和技术,紧密结合原理和实际案例展开阐述,为软件从业人员提供 Web 服务开发技术的系统解决方案和整体认知。

本书主要适用于普通高等学校计算机、软件工程、电子商务、信息管理等专业研究生、高年级本科生相关课程的教学,同时可供互联网计算的从业人员和研究人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

Web 服务开发技术/文斌等编著. —北京:国防工业出版社,2019.1

ISBN 978-7-118-11806-3

I. ①W… II. ①文… III. ①Web 服务器—研究 IV. ①TP393.092.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 006662 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市德鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 15¼ 字数 286 千字

2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 89.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010) 88540777

发行邮购:(010) 88540776

发行传真:(010) 88540755

发行业务:(010) 88540717

前 言

“沟通成就一切，互动创造价值。”服务源于人类对交互价值的渴望，互联网成就了机器之间的沟通，服务造就了软件之间的互动，即“召之即来、挥之即去、不求所有、但求所用”。

服务作为一种自治、开放、与平台无关的网络化构件，可使分布式应用具有更好的复用性、灵活性和可增长性，在互联网时代有力提升软件开发效率。人类像享受服务一样进行信息的消费，计算如服务，故称服务计算。服务的实质是计算单元之间的松耦合无缝连接，调用信息资源采用请求-响应的方式，提出要求、获得价值。

服务计算是云计算的两大支撑技术之一，被认为是网络化时代主流的软件生产方式。服务计算将服务作为应用开发的基本元素，为跨平台、松散耦合的异构应用提供了一种新的计算模式。服务计算的松耦合特征也使得企业IT架构不仅可以有效保护已有投资，促进遗留系统的复用，而且可以支持按需应变的敏捷性和先进的软件外包管理模式。企业在把其关键功能服务化后，可以使企业间的电子商务以更高效、灵活的方式开展。“软件即服务（SaaS）”，充分利用网上可用软件资源，随需而变、协作应变，满足个性化多元化分布式用户需求。我们正在走向面向服务的软件工程（SOSE）时代。

服务计算作为云计算的基础之一和互联网时代的企业软件主流开发手段，其最佳实践和落地应用——Web服务开发技术，全国本科及以上的高校或科研机构都会有开设此课程的需求，但全面系统讲述其原理、注重实际开发应用的合适教材或著作严重缺乏。作者承担此课程多年，一直没有搜寻到适用、理想的教材。目前服务计算已经成为一门独立学科分支，国内科研需求旺盛。产业界面向服务、基于面向服务体系结构（SOA）进行软件开发已经成为业界共识，拥有大量企业界从业人员，同时每年新加入的初学者也日益增加。面向服务软件工程、服务计算、Web服务开发等已经成为高校软件相关专业的重要专业拓展课程，相关教学同样需要大量参考资料。

作者近5年从事此课程教学，每年都有近百人修读此课程，学生基本以作者及时更新的教案为主，同时参考相关书籍为辅进行，教学效果良好。为此，基于已有教学积累、自编讲义、科研成果，精选行业及学生实践经典案

例，历时1年编著了本书，对Web服务开发技术的特点、工具、应用等提供系统的阐述和讨论。本书编写过程中，在实验室学习的学生黄建亮、高聪也参与了相关章节初稿资料的收集工作，文雅致参与了本书第7、8章的编写工作。

本书通过关注Web服务开发理论与实践，首先期望读者能够掌握服务计算的基础理论，包括服务的基本概念、SOA设计原则、SOA参考架构和SOA技术体系等知识。在此基础上重点掌握SOA的相关技术，包括Web服务技术基础、Web服务实现技术、Web服务高级技术、基于SOA的业务流程建模等技术。在掌握理论与技术的基础上，熟悉SOA应用开发技术，包括SOA开发方法、SOA程序设计模型。熟练应用基于Eclipse的Web服务开发技术和基于.NET的Web服务开发技术进行软件开发实践。书后附录包括Web服务开发技术课程实验教学大纲。

通过本书的学习和实践，读者可以有以下收获：

- 能够全面认识SOA技术，了解SOA的历史、SOA在现代软件开发中的重要作用，以及SOA技术体系。
- 掌握Web服务的开发技术及应用。
- 求职或求学时，可以通过软件企业（学校）关于分布式计算、SOA和Web服务方面的面试。

服务是联系社会经济生活与信息技术的基本线索，因此本书特别适合跨学科专业相关人员阅读，例如软件工程、电子商务、信息管理、信息与计算科学、计算机等专业，为高年级本科生、研究生开设专业拓展课程。本书也可作为网络高级编程、高级Web技术、分布式计算、企业应用集成等课程的参考教材或部分内容。

“好风凭借力，送我上青云。”人工智能与大数据技术快速发展，智能服务研究方兴未艾，按需服务、按需应变的理念贯穿服务计算研究社区。如今中国计算机学会设有服务计算专委会，每年都举办全国性的服务计算学术会议和研讨会，国家自然科学基金委员会2018年起新设立了服务计算（F020210）的研究申报代码。服务计算研究领域也产生了新的技术挑战和研发热点，需要我们继续付出艰巨的努力。

本书是在国家自然科学基金（61562024）、海南省2014年教育教学重大项目（编号Hnjgzd2014-07）资助下的研究成果。编写过程中参考了大量服务计算和Web服务相关的著作、教科书、论文和互联网资源，书末附有主要参考文献，非常感谢这些文献作者的付出。同时感谢国防工业出版社的支持，特别是冯晨编辑，没有她的包容和理解，本书不可能面世。

由于作者教学、科研任务十分繁重，同时Web服务开发技术仍然是一个

发展中的、需要付出艰巨努力的方向，本书虽极力追求完善，多次修改，但书中不妥之处在所难免，真诚欢迎各位专家、读者批评指正。

编者

2018 年 10 月于怡园

目 录

第 1 章 面向服务体系结构 (SOA) 及服务计算	1
1.1 面向服务的体系结构 (SOA)	1
1.2 SOA 技术体系	4
1.2.1 SOA 技术体系的核心	4
1.2.2 SOA 技术体系中的开发平台	5
1.2.3 服务质量	5
1.3 Web 服务与服务计算	6
1.3.1 Web 服务	6
1.3.2 服务计算	7
1.3.3 Web 服务与服务计算的关系	8
1.4 Web 服务应用例子	10
1.5 基于 Web 服务的应用集成	13
1.5.1 应用集成概述	14
1.5.2 基于 Web 服务的应用集成	17
1.6 本书的组织结构	19
练习题	20
第 2 章 Web 服务技术基础	22
2.1 Web 服务协议栈	22
2.2 超文本传输协议 (HTTP)	23
2.2.1 HTTP 的特点	23
2.2.2 HTTP 的技术架构	25
2.2.3 HTTP 的工作原理	31
2.3 可扩展标记语言 XML	33
2.3.1 XML 的基本概念	33
2.3.2 XML 的语法	35
2.3.3 解析 XML	36
2.4 基于 XML 的消息协议 SOAP	50
2.4.1 SOAP 模型	50

2.4.2	SOAP 的组成	51
2.5	通用描述、发现和集成协议 UDDI	54
2.6	其他 Web 服务应用技术	56
2.6.1	IBM SCA/SDO	56
2.6.2	WS-Security	57
2.6.3	WS-Policy	57
2.6.4	WS-I Basic Profile	58
	练习题	58
第3章	Web 服务实现技术	60
3.1	.Net 平台 Web 服务开发	60
3.1.1	Web 服务的访问调用	60
3.1.2	构建 .Net Web 服务	66
3.1.3	创建 Web 服务	74
3.2	基于 Java 的 Web 服务开发	79
3.2.1	开源 Web 服务引擎 Axis2	80
3.2.2	Axis2 平台下 Web 服务的开发	81
	练习题	87
第4章	Web 服务描述语言	89
4.1	什么是 WSDL?	89
4.2	WSDL 文档结构	91
4.3	WSDL SOAP 绑定	98
4.3.1	SOAP BODY	98
4.3.2	SOAP 绑定方式	101
4.3.3	互操作性	105
4.4	WSDL 在 Web 服务开发中的作用	107
	练习题	108
第5章	SOAP Web 服务与 RESTful Web 服务	109
5.1	SOAP Web 服务	109
5.1.1	SOAP Web 服务的工作原理	110
5.1.2	SOAP 服务器	113
5.2	RESTful Web 服务	118
5.2.1	REST	118
5.2.2	RESTful Web 服务	120
5.2.3	RESTful Web 服务开发	121

练习题	123
第 6 章 业务流程与 Web 服务组合	126
6.1 什么是业务流程?	126
6.1.1 业务流程	127
6.1.2 业务流程管理	128
6.1.3 业务流程建模	129
6.1.4 业务流程执行语言	132
6.1.5 BPEL 引擎	140
6.1.6 BPEL 流程执行案例	143
6.2 Web 服务组合	148
6.2.1 服务组合	148
6.2.2 服务组合方法	150
练习题	153
第 7 章 Web 服务开发工具	154
7.1 NET 环境下的 Web 服务开发工具	154
7.1.1 创建 Web 服务	155
7.1.2 部署与发布 Web 服务	156
7.1.3 调用 Web 服务	157
7.2 基于 Java 的 Web 服务开发工具	162
7.2.1 Eclipse 结合 Ant 进行 Web 服务开发	162
7.2.2 基于 JAX-WS 工具的 Web 服务开发	168
7.3 IBM SCA/SDO 的 Web 服务开发工具	171
7.3.1 SCA 与 Web 服务	171
7.3.2 基于 SCA/SDO 工具的 Web 服务开发	174
练习题	180
第 8 章 SOA 应用开发案例	181
8.1 学生信息查询	181
8.1.1 服务器端 Web 服务的部署	181
8.1.2 客户端调用程序	182
8.2 计算服务	184
8.2.1 .NET 环境的计算服务	184
8.2.2 Java 开发环境下的计算服务	189
8.3 通过 Web 服务获取教务系统数据	198
8.3.1 教务系统访问的表单分析	198

8.3.2 Web 服务部署和调用	202
练习题	208
第9章 Web 服务的技术挑战与研发热点	209
9.1 服务计算的新定义	209
9.1.1 服务计算新定义	210
9.1.2 服务技术的新框架	211
9.2 智能服务	214
9.2.1 智能服务的基础——服务语义互操作	214
9.2.2 智能服务的目标——按需服务	218
9.3 Web 服务发现与选择	221
9.4 运行时服务异常处理	225
9.4.1 自适应运行时的异常处理	226
9.4.2 运行时异常处理自适应调节机制	229
练习题	233
附录 《Web 服务开发技术》课程实验教学大纲	234
参考文献	240

面向服务体系结构 (SOA) 及服务计算

本章学习目标:

通过本章的学习,深入了解面向服务体系结构 (SOA),充分认识 SOA 技术体系的研究内容、理论基础和应用领域,以及它在软件开发中的地位和作用,掌握服务计算的定义和目标,并了解 SOA 的发展趋势。

本章要点:

- 面向服务体系结构 (SOA) 的定义和研究内容;
- SOA 的技术体系;
- Web 服务的定义及应用领域;
- 基于 Web 服务的应用集成;
- 服务计算的定义与目标;
- SOA 的发展趋势。

互联网是信息技术领域中,人类在 20 世纪做出的对今后影响最大的发明,开放、自治、动态变化是互联网的主要特征,这些特征使得互联网计算与传统的分布式计算有着本质不同。基于互联网的网络化软件与传统软件也有明显区别,网络化软件既要像桌面软件一样方便使用、满足多样化的个性需求、适应动态负载与可扩展性的要求,还要有效利用分散、自治、异构的网络资源,支持跨管理域的系统集成。

随着软件与网络的深度融合,激励着软件方法和技术的创新。“软件即服务 (SaaS)”,充分利用网上可用软件资源,随需而变、协作应变,满足个性化、多元化分布式涉众用户服务需求。我们正在走向面向服务的软件工程 (SOSE) 时代。

1.1 面向服务的体系结构 (SOA)

要全面、正确地理解现代教育技术的概念,就必须弄清楚什么是教育,什

么是技术，然后在此基础上分析教育技术和理解现代教育技术的概念，以及这些概念之间的相互关系。

服务作为一种自治、开放、与平台无关的网络化构件，可使分布式应用具有更好的复用性、灵活性和可增长性。面向服务计算（Service Oriented Computing, SOC）是一种新型的计算模式，它把服务作为基本的构件来支持快速、低成本、简单的分布式甚至异构环境的应用组合。面向服务的计算的重点之一就是以标准的方式支持系统的开放性，进而使相关技术与系统具有长久的生命力。

企业在构建应用系统时都面临着节约成本和随需应变这两大难题。面向服务的体系结构和面向服务的计算（SOC）技术是标识分布式系统和软件集成领域技术进步的一个里程碑。基于服务组织计算资源所具有的松耦合特征会给企业带来许多好处：遵从 SOA 的企业 IT 架构不仅可以有效保护企业投资，促进遗留系统的复用，最大限度利用现有资源和技术以消减成本，而且可以支持企业随需应变的敏捷性和先进的软件外包管理模式。企业在把其关键功能服务化后，可以使企业间的电子商务以更高效、灵活的方式开展。Web 服务技术是当前 SOA 的主流实现方式，包括 IBM、微软在内的全球知名 IT 企业正和各大企业及研究机构通力合作，积极促进 Web 服务技术的成熟和发展。

SOA 概念最早由国际咨询机构 Gartner 公司于 1996 年首次提出。迄今为止，对于 SOA 还没有一个统一的定义。下面列出主要的 SOA 概念。

（1）W3C 定义：SOA 为一种应用程序体系结构，在这种体系结构中，所有功能都定义为独立的服务，这些服务带有定义明确的可调用接口，可以以定义好的顺序调用这些服务来形成业务流程。

（2）Gartner 定义：SOA 为客户端/服务器的软件设计方法，一项应用由软件服务和软件服务使用者组成，SOA 与大多数通用的客户端/服务器模型的不同之处在于它着重强调软件构件的松散耦合，并使用独立的标准接口。

（3）Service-architecture. com：SOA 本质上是服务的集合。服务间彼此通信，这种通信可能是简单的数据传递，也可能是两个或更多的服务协调进行些活动。服务间需要某些方法进行连接，所谓服务就是精确定义、封装完善、独立于其他服务所处环境和状态的函数。

（4）IBM：SOA 是一个组件模块，它将应用程序的不同功能单元（称为服务）通过其间定义良好的接口和契约联系起来。接口是采用中立的方式进行定义的，它应该独立于实现服务的硬件平台、操作系统和编程语言。这使得构建在各种各样的系统中的服务可以以一种统一和通用的方式进行交互。

经典的 SOA 模型包含 3 个角色：服务请求者、服务提供者和服务代理（中介平台）。SOA 的概念模型如图 1-1 所示，角色之间的交互关系如图 1-2 所示，完整的 SOA 模型如图 1-3 所示，单个服务内部结构如图 1-4 所示。

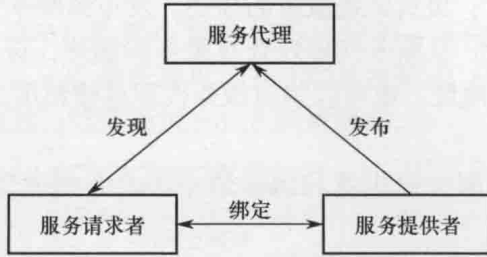


图 1-1 SOA 的概念模型

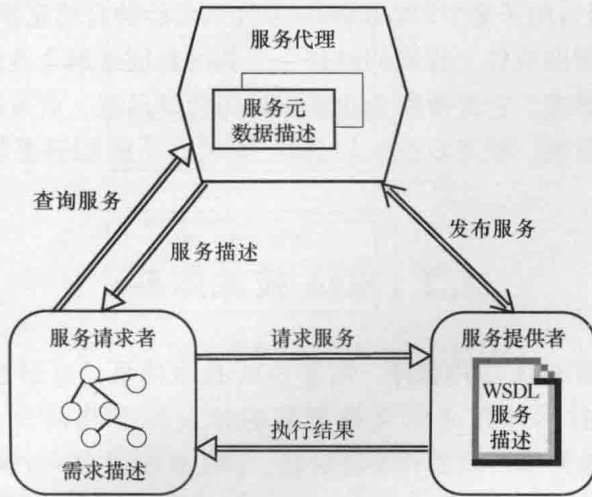


图 1-2 SOA 角色之间的交互关系

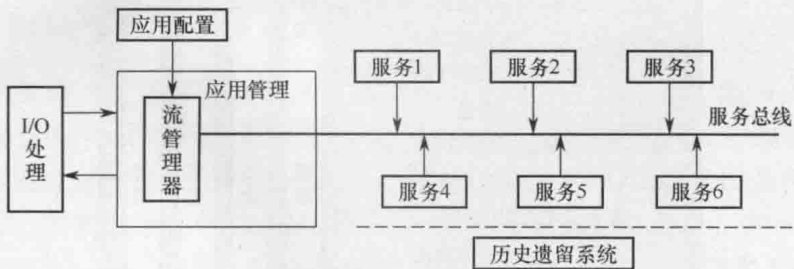


图 1-3 完整的 SOA 模型



图 1-4 单个服务内部结构

- (1) 服务提供者：负责创建服务的描述，发布到服务中介。
- (2) 服务请求者：从服务代理处查找服务的描述，进而调用服务。当然，如果知道服务的具体地址，也可以绕过服务代理直接调用。因此，服务代理并不是必须的。
- (3) 服务代理：服务提供者和服务请求者之间的中介，比如企业服务总线（ESB）。

SOA 是一种粗粒度、松耦合服务架构，服务之间通过简单、精确定义接口进行通信，不涉及底层编程接口和通信模型。SOA 可以看作 B/S 模型、XML（标准通用标记语言的子集）/Web Service 技术之后的自然延伸。

SOA 将能够帮助软件工程师们站在一个新的高度理解企业级架构中各种组件的开发、部署形式，它将帮助企业系统架构者更迅速、更可靠、更具重用性地架构整个业务系统。较之以往，以 SOA 架构的系统能够更加从容地面对业务的急剧变化。

1.2 SOA 技术体系

要运行和管理 SOA 应用程序，需要 SOA 技术体系，这是 SOA 平台的一个重要部分。SOA 技术体系必须支持所有的相关标准和需要的运行时容器。图 1-5所示为 SOA 计算环境的标准协议栈，图 1-6 所示为一个典型的 SOA 技术体系协议层次结构。

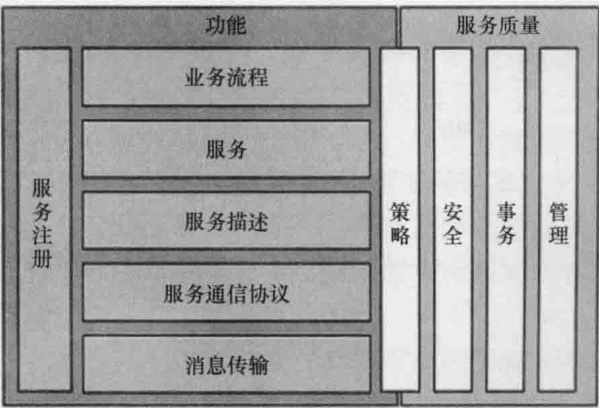


图 1-5 SOA 计算环境的标准协议栈

1.2.1 SOA 技术体系的核心

1. WSDL、UDDI、SOAP

WSDL、UDDI、SOAP 是 SOA 技术体系的基础部件。WSDL 用来描述服务；

UDDI 用来注册和查找服务；而 SOAP，作为传输层，用来在消费者和服务提供者之间传送消息。SOAP 是 Web 服务的默认机制，其他的技术为可以服务，实现其他类型的绑定。一个消费者可以在 UDDI 注册表 (Registry) 查找服务，取得服务的 WSDL 描述，然后通过 SOAP 调用服务。

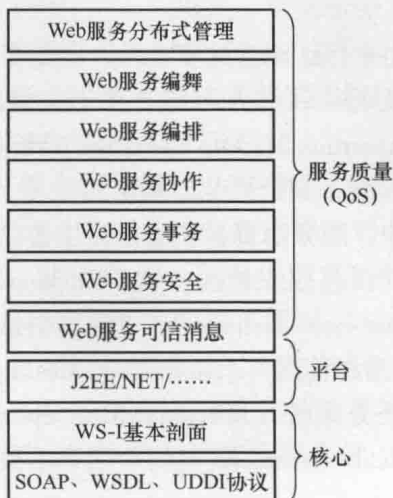


图 1-6 SOA 技术协议体系协议层次结构

2. WS-I Basic Profile

WS-I Basic Profile，由 Web 服务互用性组织 (Web Services Interoperability Organization) 提供，是 SOA 服务测试与互用性所需要的核心构件。服务提供者可以使用 Basic Profile 测试程序来测试服务在不同平台和技术上的互用性。

1.2.2 SOA 技术体系中的开发平台

尽管 J2EE 和 .NET 平台是开发 SOA 应用程序常用的平台，但 SOA 不仅限于此。像 J2EE 这类平台，不仅为开发者自然而然地参与到 SOA 中提供了一个平台，还通过它们内在的特性，将可扩展性、可靠性、可用性以及性能引入 SOA 世界。新的规范，例如：JAXB (Java API for XML Binding) 用于将 XML 文档定位到 Java 类；JAXR (Java API for XML Registry) 用来规范对 UDDI 注册表 (Registry) 的操作；XML-RPC (Java API for XML-based Remote Procedure Call) 在 J2EE 1.4 中用来调用远程服务，这使得开发和部署可移植于标准 J2EE 容器的 Web 服务变得容易，与此同时，实现了跨平台 (如 .NET) 的服务互用。

1.2.3 服务质量

当一个企业开始采用服务架构作为工具进行开发和部署应用的时候，基本

的 Web 服务规范，像 WSDL、SOAP、UDDI 就不能满足这些高级需求。正如前面所提到的，这些需求也称作服务质量（QoS, Quality of Services）。与 QoS 相关的众多规范已经由一些标准化组织提出，如 W3C（World Wide Web Consortium）和 OASIS（the Organization for the Advancement of Structured Information Standards）。

Web 服务安全规范用来保证消息的安全性，该规范主要包括认证交换、消息完整性和消息保密。该规范吸引人的地方在于它借助现有的安全标准，例如，SAML（as Security Assertion Markup Language）来实现 Web 服务消息的安全。OASIS 正致力于 Web 服务安全规范的制定。

在典型的 SOA 环境中，服务消费者和服务提供者之间会有几种不同的文档在进行交换。具有诸如“仅且仅仅传送一次”（Once-and-only-once Delivery）、“最多传送一次”（At-most-once Delivery）、“重复消息过滤”（Duplicate Message Elimination）、“保证消息传送”（Guaranteed Message Delivery）等特性消息的发送和确认，在关键任务系统（Mission-critical Systems）中变得十分重要。WS-Reliability 和 WS-Reliable Messaging 是两个用来解决此类问题的标准，这些标准都由 OASIS 负责。

1.3 Web 服务与服务计算

服务的概念源于社会和经济领域，是指为了创造和实现价值由顾客与提供者之间进行的交互协同过程和行为。服务的结果往往是人们得到了价值体验。与此相关的概念包括服务业、服务经济、服务科学、现代服务业等。服务计算是现代服务业的支撑技术。

服务的实质是计算功能单元（信息资源）之间松耦合的联系，调用计算单元采用请求 - 响应方式，提出要求、获得价值，召之即来、挥之即去。

1.3.1 Web 服务

在信息和通信技术领域，服务更多地被当作为一种自治、开放、自描述、与实现无关的网络化构件。与此相关的概念涉及服务计算、云计算。

下面列举一些组织或机构给出的服务概念。

W3C：“服务提供者完成一组工作，为服务使用者交付所需的最终结果。最终结果通常会使使用者的状态发生变化，但也可能使提供者的状态改变，或者双方都产生变化。”

OASIS：一种访问某一个或多个能力的机制，这种访问使用预先定义好的接口，并与该服务描述的约束和策略一致。服务的重要元素为接口、约束和

策略。

Wikipedia：服务是指自包含、无状态的业务功能，通过良好定义的标准接口，接收多方的请求，并返回一个或多个响应。服务不依赖于其他的服务，并与使用的技术无关。Wikipedia 的特征为自包含、无状态。

本书从服务是可访问构件的本质出发，定义服务和 Web 服务如下：

- (1) 一个构件向外界暴露接口以供访问，这个构件就称为一个服务；
- (2) Web 服务即可以通过 Web 方式来调用的构件（软件实体）；
- (3) Web 方式本质上就是使用 HTTP 协议。

在理解 SOA 和 Web 服务的关系上，经常发生混淆。根据 2003 年 4 月的 Gartner 报道，Yefim V. Natis 对这个问题是这样解释的：“Web 服务是技术规范，而 SOA 是设计原则。特别是 Web 服务中的 WSDL，是一个 SOA 配套的接口定义标准：这是 Web 服务和 SOA 的根本联系。”从本质上说，SOA 是一种架构模式，而 Web 服务是利用一组标准实现的服务。Web 服务是实现 SOA 的方式之一。用 Web 服务来实现 SOA 的好处是可以实现一个中立平台，来获得服务，而且随着越来越多的软件商支持越来越多的 Web 服务规范，系统会取得更好的通用性。

1.3.2 服务计算

互联网时代就像享受服务一样进行信息的消费，计算如服务，故称服务计算。

现代服务业的发展得益于信息技术的高速发展和广泛应用。近年来，以云计算、物联网、移动互联网、大数据为代表的新一代信息技术与传统服务业的融合创新，催生了以共享经济、跨界经济、平台经济、体验经济为代表的多种创新模式。这些创新模式的推广与应用使得服务形式更为多样、服务应用更加泛化、服务的内涵和外延也随之被不断拓展，并给现代服务业的支撑技术——服务计算带来了新的挑战和要求。服务代表了商业模式，计算则代表以 IT 技术为核心的实现手段，这两个词合在一起就高度浓缩了商业和技术的完美结合。

服务计算是一种面向服务提供主体和服务消费主体、以服务价值为核心的计算理论，它通过一系列服务技术的应用，借助服务载体，完成双方预先商定的服务过程，达成既定的服务目标，并最终产生或传递服务价值。

提供主体，即服务提供者，包括人、组织以及程序、智能系统等非生物体。

消费主体，即服务消费者，包括人、组织以及程序、智能系统等非生物体。