

信息科学技术学术著作丛书

# 组合服务建模、 测试与验证

李必信 张鹏程 编著



科学出版社

013027443

TP393.4  
500

信息科学技术学术著作丛书

# 组合服务建模、测试与验证

李必信 张鹏程 编著



科学出版社  
北京

TP393.4  
500



北航

C1635292

013053443

## 内 容 简 介

本书从组合服务建模、测试和验证三个方面着手,系统全面地介绍了与面向 Web 服务的软件开发和软件质量保证相关的技术理论和方法。全书共 16 章,其中第 1、2 章重点介绍了与 Web 服务相关的基础知识,包括基本概念、基本术语以及基本原理;第 3、4 章重点介绍了 Web 服务的建模技术,包括 UML 建模和有色 Petri 网建模;第 5~10 章重点介绍了各种类型的 Web 服务测试技术和方法,包括单元测试、集成测试、回归测试、变异测试和测试用例生成等;第 11~16 章重点介绍组合 Web 服务的静态验证和动态监控等技术。

本书适用于软件工程学科专业的教师、研究生和高年级本科生,以及从事面向服务软件开发和质量管理的工程技术人员。

### 图书在版编目(CIP)数据

组合服务建模、测试与验证/李必信,张鹏程编著. —北京:科学出版社,2013

(信息科学技术学术著作丛书)

ISBN 978-7-03-036039-7

I. 组… II. ①李… ②张… III. 互联网络-网络服务 IV. TP393.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 274513 号

责任编辑:魏英杰 杨向萍 / 责任校对:李 影

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013 年 2 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 2 月第一次印刷 印张:23 3/4

字数:460 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 《信息科学技术学术著作丛书》序

21 世纪是信息科学技术发生深刻变革的时代，一场以网络科学、高性能计算和仿真、智能科学、计算思维为特征的信息科学革命正在兴起。信息科学技术正在逐步融入各个应用领域并与生物、纳米、认知等交织在一起，悄然改变着我们的生活方式。信息科学技术已经成为人类社会进步过程中发展最快、交叉渗透性最强、应用面最广的关键技术。

如何进一步推动我国信息科学技术的研究与发展；如何将信息技术发展的新理论、新方法与研究成果转化为社会发展的新动力；如何抓住信息技术深刻发展变革的机遇，提升我国自主创新和可持续发展的能力？这些问题的解答都离不开我国科技工作者和工程技术人员的求索和艰辛付出。为这些科技工作者和工程技术人员提供一个良好的出版环境和平台，将这些科技成就迅速转化为智力成果，将对我国信息科学技术的发展起到重要的推动作用。

《信息科学技术学术著作丛书》是科学出版社在广泛征求专家意见的基础上，经过长期考察、反复论证之后组织出版的。这套丛书旨在传播网络科学和未来网络技术，微电子、光电子和量子信息技术、超级计算机、软件和信息存储技术，数据知识化和基于知识处理的未来信息服务业，低成本信息化和用信息技术提升传统产业，智能与认知科学、生物信息学、社会信息学等前沿交叉科学，信息科学基础理论，信息安全等几个未来信息科学技术重点发展领域的优秀科研成果。丛书力争起点高、内容新、导向性强，具有一定的原创性；体现出科学出版社“高层次、高质量、高水平”的特色和“严肃、严密、严格”的优良作风。

希望这套丛书的出版，能为我国信息科学技术的发展、创新和突破带来一些启迪和帮助。同时，欢迎广大读者提出好的建议，以促进和完善丛书的出版工作。

中国工程院院士

原中国科学院计算技术研究所所长



# 前 言

以服务计算为核心的服务科学是一门融合软件技术和商业服务理念的综合性和前沿学科,代表了软件开发领域的最新研究成果和发展方向。服务计算以面向服务的体系结构(SOA)为中心,以 Web 服务为主要实现形式,以服务组合为关键应用模式,其松耦合的本质和高复用性的特征得到了学术界和工业界的广泛推崇。Web 服务的快速发展和广泛应用使得通过 Web 服务组合来满足应用需求成为可能。然而,一方面 Web 服务组合将若干 Web 服务组成大粒度流程服务,满足了更高的需求,大大提高了 Web 服务的重用度;另一方面,Web 服务组合也会带来一系列安全性、可靠性和可信性等质量问题,因为不能确保组合的 Web 服务能够按预期的方式工作,甚至不能保证它们精确地符合当前任务的要求。另外,Web 服务组件的不兼容性、不安全性、不可靠性和不可信性可能导致组合服务甚至基于服务的应用系统发生严重的错误。为了发现错误,保障 Web 服务的质量满足人们的需求,必须依据不同的需求对 Web 服务本身的质量、Web 服务的组合机理、Web 服务的应用环境进行安全性、可靠性、可信性和正确性等方面的分析、测试和验证。

东南大学计算机学院软件工程研究所近些年在 Web 服务的建模、测试和验证方面做了大量的工作,也取得了一系列成果:对 UML2.0 的序列图和状态图进行了面向服务的扩展,使得它们可以很好地描述 Web 服务的交互行为,为后续的测试分析和属性验证打下良好的基础;对有色 Petri 网进行了很好的层次化扩充,使之能够很好地描述基于 Web 服务的应用系统,并为 Web 组合服务的集成测试奠定了良好的基础;引入了 XBFG 和 XCFG 两种类型的控制流图,为 Web 服务的回归测试用例生成和选择提供了丰富的信息,保障了测试用例生成和选择的精度和效率;引入了属性序列图(PSC)的理论和方法,解决了 Web 服务动态组合过程中的时间属性、时态属性和概率时间属性的描述和验证问题等。

综上,有必要写一本书,以便与更多的同行分享经验和教训,也希望通过本书架起一座与国内外同行相互了解、开展广泛交流的桥梁。

本书共有 16 章核心内容,河海大学张鹏程老师参与了本书第 5、第 13、第 14、第 15 和第 16 章的撰写。全书的组织架构和其余章节由东南大学李必信负责设计和撰写。本书相关成果在研究过程中得到国家 863 计划项目(2008AA01Z113)、国家自然科学基金项目(60973149)和江苏省教育厅项目(JHB2011-3)的支持,在此表示感谢。

在写作过程中得到了东南大学计算机学院、软件工程研究所老师和同学的大

力支持。他们是邓建明教授、翟玉庆教授、刘亚军教授、何洁月教授、戚晓芳副教授、周晓宇副教授、姚莉副教授、廖力博士、周颖博士和王璐璐博士,博士生孙小兵、文万志、邱栋、吉顺慧、刘飞、谢春丽、陶传奇、王喜凤、王正山、柯栋梁、张慧等,硕士生周宇、杨利利、王迪、孙明杰、蔡菊、张功源、王猛、蒋玉婷、朱敏、李加凯、翟小祥、陈乔乔、吴晓娜、刘翠翠、齐姗姗、宋锐、张前东等。

感谢科学出版社的魏英杰编辑,他认真和热情的工作态度深深感动了我。

感谢我的恩师郑国梁教授,他豁达的工作态度和生活方式一直激励我不断取得进步。

由于精力有限,书中难免有不妥之处,敬请各位读者批评指正,我将虚心领教并改正。欢迎读者针对书中观点与我们展开学术交流和讨论,以期完善书中理论和方法,使之成为真正有用之参考,不枉“传道、授业、解惑”之宗旨,我将感激不尽。

李必信

2012年8月于南京九龙湖

# 目 录

《信息科学技术学术著作丛书》序

前言

<b>第 1 章 Web 服务概述</b> .....	1
1.1 Web 服务简介 .....	2
1.1.1 Web 服务定义 .....	2
1.1.2 Web 服务技术体系 .....	2
1.2 XML 简介 .....	3
1.2.1 XML 的由来与发展 .....	3
1.2.2 XML 简明语法规则 .....	3
1.2.3 DTD 和 XML Schema .....	4
1.3 BPEL 简介 .....	5
1.3.1 BPEL 语法 .....	5
1.3.2 BPEL 执行引擎 .....	6
1.4 WS-CDL 简介 .....	6
1.4.1 WS-CDL 语法规则 .....	7
1.4.2 WS-CDL 模型 .....	8
1.5 OWL-S 简介 .....	8
1.5.1 OWL-S 整体结构 .....	10
1.5.2 ServiceProfile .....	10
1.5.3 ServiceModel .....	11
1.5.4 ServiceGrounding .....	11
1.6 本章小结 .....	11
1.7 参考文献 .....	12
<b>第 2 章 SOA 简介</b> .....	13
2.1 SOA 基本思想 .....	13
2.1.1 SOA 基本模型 .....	13
2.1.2 SOA 参考模型分类 .....	14
2.2 SOA 相关技术 .....	16
2.2.1 SOAP .....	16
2.2.2 WSDL .....	16

---

2.2.3	UDDI .....	17
2.3	SOA 应用综述 .....	17
2.3.1	应用 SOA 的原因 .....	17
2.3.2	经典案例 .....	18
2.4	SOA 发展展望 .....	18
2.4.1	SOA 与云计算 .....	18
2.4.2	SOA 与虚拟化 .....	19
2.5	本章小结 .....	20
2.6	参考文献 .....	21
<b>第 3 章</b>	<b>基于 UML 模型的 Web 服务组合建模 .....</b>	<b>23</b>
3.1	UML 模型理论 .....	23
3.2	基于 UML 模型的 BPEL 建模 .....	24
3.2.1	实例研究 .....	24
3.2.2	基于扩展顺序图的 BPEL 建模 .....	24
3.2.3	扩展状态图 .....	29
3.2.4	扩展状态图生成方法 .....	32
3.2.5	基于扩展状态图的 BPEL 建模 .....	32
3.3	基于 UML 模型的 WS-CDL 建模 .....	33
3.3.1	实例研究 .....	33
3.3.2	基于扩展构件图的 WS-CDL 建模 .....	35
3.3.3	基于扩展顺序图的 WS-CDL 建模 .....	36
3.3.4	基于扩展状态机图的 WS-CDL 建模 .....	40
3.3.5	基于类图的 WS-CDL 建模 .....	44
3.4	相关工作 .....	47
3.5	本章小结 .....	47
3.6	参考文献 .....	48
<b>第 4 章</b>	<b>基于 Petri 网的 Web 服务建模 .....</b>	<b>50</b>
4.1	Petri 网简介 .....	50
4.2	单个 Web 服务的 Petri 网模型 .....	52
4.3	Web 组合服务的 Petri 网建模 .....	53
4.4	Web 服务组合流程的 Petri 网建模 .....	53
4.5	ECPN .....	54
4.5.1	ECPN 的形式化定义 .....	54
4.5.2	ECPN 的动态行为 .....	55
4.6	EH-CPN .....	56



---

4.6.1	EH-CPN 的形式化定义	56
4.6.2	EH-CPN 的特点	56
4.7	Web 组合服务到 EH-CPN 的转换	57
4.7.1	原子过程的转换	58
4.7.2	组合过程的转换	58
4.8	实例分析	60
4.9	本章小结	61
4.10	参考文献	62
<b>第 5 章</b>	<b>Web 服务测试概述</b>	<b>64</b>
5.1	引言	64
5.2	Web 服务软件体系结构	64
5.3	测试的视角	66
5.4	测试的策略	67
5.5	国内外研究现状	70
5.6	Web 服务测试的难点	73
5.7	Web 服务测试与传统软件测试	74
5.8	关注点及待解决的问题	75
5.9	Web 服务测试研究的主要内容	76
5.10	本章小结	78
5.11	参考文献	78
<b>第 6 章</b>	<b>基于交互行为规约的 Web 服务测试</b>	<b>81</b>
6.1	引言	81
6.2	实例	82
6.3	序列图转化为 ELTS	83
6.3.1	序列图的形式化定义	83
6.3.2	ELTS 的形式化定义	83
6.3.3	序列图转化为 ELTS	84
6.4	基于 ELTS 一致性测试	88
6.4.1	ELTS 的相关理论	88
6.4.2	实现关系	89
6.4.3	与测试相关的形式化定义	90
6.4.4	测试生成算法	90
6.4.5	实例分析	92
6.5	实例验证	93
6.6	本章小结	99

---

6.7 参考文献 .....	100
<b>第7章 基于EH-CPN的Web组合服务测试 .....</b>	<b>103</b>
7.1 引言 .....	103
7.2 扩展的层次有色Petri网的数据流分析 .....	104
7.3 测试用例生成 .....	106
7.3.1 测试序列生成 .....	107
7.3.2 测试数据生成 .....	110
7.3.3 测试用例合成 .....	112
7.4 TWCS设计与实现 .....	113
7.4.1 TWCS的功能结构 .....	114
7.4.2 TWCS的可视化 .....	116
7.5 场景描述和建模 .....	118
7.6 实验结果和结果分析 .....	120
7.7 本章小结 .....	124
7.8 参考文献 .....	125
<b>第8章 Web组合服务与变异测试 .....</b>	<b>128</b>
8.1 OWL-S .....	128
8.2 Web服务 workflow 模式 .....	129
8.3 变异测试 .....	131
8.4 应用于Web服务领域的变异测试 .....	133
8.5 基于变异的Web组合服务测试 .....	134
8.5.1 基本思想 .....	134
8.5.2 算子设计 .....	137
8.6 代价分析与改进 .....	141
8.6.1 代价分析 .....	141
8.6.2 变异距离 .....	142
8.6.3 样本学习 .....	143
8.6.4 测试用例选择策略 .....	145
8.7 实验 .....	146
8.7.1 计算变异距离 .....	147
8.7.2 实验结果比较 .....	148
8.8 本章小结 .....	150
8.9 参考文献 .....	151
<b>第9章 Web服务回归测试 .....</b>	<b>154</b>
9.1 引言 .....	154
9.2 现状分析 .....	155

---

9.3 服务的演化与回归测试 .....	156
9.3.1 BPEL 组合服务 .....	157
9.3.2 服务的演化 .....	159
9.3.3 回归测试的概念、过程和技术 .....	161
9.4 面向服务的回归测试 .....	162
9.4.1 测试的视角 .....	162
9.4.2 测试的目的 .....	162
9.4.3 测试的层次 .....	163
9.4.4 变更检测 .....	164
9.4.5 用例选择技术 .....	164
9.5 扩展 BPEL 流图 .....	165
9.5.1 扩展 BPEL 流图 .....	165
9.5.2 XBFG 路径 .....	173
9.6 基于 XBFG 的回归测试用例选择与生成 .....	175
9.6.1 原理与步骤 .....	176
9.6.2 回归测试的用例选择与生成 .....	177
9.6.3 变更覆盖率分析 .....	184
9.7 本章小结 .....	186
9.8 参考文献 .....	187
<b>第 10 章 RTGenius4BPEL 工具与应用 .....</b>	<b>191</b>
10.1 RTGenius4BPEL 工具简介 .....	191
10.2 工具设计 .....	192
10.2.1 框架设计 .....	192
10.2.2 操作流程 .....	192
10.3 工具实现 .....	193
10.3.1 开发环境 .....	193
10.3.2 组合服务建模器的实现 .....	194
10.3.3 回归测试影响分析器的实现 .....	194
10.3.4 测试用例集生成器的实现 .....	195
10.3.5 工具的可视化 .....	195
10.4 案例分析 .....	196
10.4.1 场景描述 .....	196
10.4.2 建模 .....	201
10.4.3 回归测试用例选择与生成 .....	204
10.5 本章小结 .....	212
10.6 参考文献 .....	213

---

<b>第 11 章 基于 UML 模型的 Web 服务组合静态验证</b> .....	214
11.1 模型检验 .....	214
11.2 Cadence SMV 模型检验工具 .....	215
11.2.1 SMV 语言 .....	216
11.2.2 SMV 属性规约 .....	218
11.2.3 验证方法 .....	219
11.3 带数据的状态机图转化为 SMV 语言 .....	220
11.3.1 模型转化过程 .....	220
11.3.2 SMV 代码生成步骤 .....	221
11.3.3 验证过程 .....	223
11.4 WS-BPEL 验证结果 .....	224
11.4.1 属性描述 .....	224
11.4.2 验证 .....	225
11.5 WS-CDL 验证结果 .....	228
11.5.1 属性表示 .....	228
11.5.2 WS-CDL 验证结果 .....	230
11.6 相关工作 .....	234
11.6.1 基于自动机的方式 .....	235
11.6.2 基于进程代数的方式 .....	236
11.6.3 基于 Petri 网的方式 .....	236
11.6.4 典型的 Web 服务组合静态验证方法比较 .....	236
11.7 本章小结 .....	238
11.8 参考文献 .....	238
<b>第 12 章 并发属性验证</b> .....	240
12.1 引言 .....	240
12.2 扩展的控制流图 .....	241
12.2.1 扩展的控制流图: XCFG .....	241
12.2.2 XCFG 的组成元素 .....	242
12.2.3 XCFG 的形式化描述 .....	243
12.3 BPEL 对象模型: BOM .....	244
12.4 BOM 至 XCFG 的转化 .....	246
12.4.1 基本活动映射为 XCFG 元素 .....	246
12.4.2 结构化活动映射为 XCFG 元素 .....	248
12.5 实例分析 .....	250
12.6 并发相关的属性描述及验证 .....	251
12.6.1 XCFG 的无死锁性 .....	251

---

12.6.2	XCFG 的无冲突性 .....	254
12.6.3	XCFG 的 link 无冗余性 .....	257
12.7	实验分析 .....	259
12.7.1	算法正确性分析 .....	259
12.7.2	算法执行效率的分析 .....	262
12.8	本章小结 .....	264
12.9	参考文献 .....	264
<b>第 13 章</b>	<b>Web 服务运行时监控概述</b> .....	<b>268</b>
13.1	前言 .....	268
13.2	Web 服务运行时监控技术和相关参数 .....	268
13.2.1	监控的目的 .....	270
13.2.2	Web 服务组合方式 .....	270
13.2.3	属性 .....	271
13.3	常见 Web 服务监控方法 .....	273
13.3.1	SLA Monitoring 和 Automated SLA Monitoring .....	273
13.3.2	Smart Monitoring, Dynamic Monitoring 和 Robustness Monitoring .....	274
13.3.3	Requirement Monitoring, Interaction Monitoring 和 Monitoring for Diagnosis .....	275
13.3.4	Monitoring for Planning 和 Monitoring of Instances and Classes .....	276
13.3.5	Probing and Monitoring .....	277
13.3.6	Monitoring for Selection 和 PLASTIC .....	277
13.3.7	商业工具: Cremona, Colombo 和 GlassFish .....	279
13.4	分析讨论 .....	279
13.5	本章小结 .....	283
13.6	参考文献 .....	284
<b>第 14 章</b>	<b>Web 服务组合时序属性监控</b> .....	<b>287</b>
14.1	PSC .....	287
14.1.1	PSC 简介 .....	287
14.1.2	PSC 形式语法 .....	289
14.1.3	PSC 形式语义 .....	290
14.2	一种基于 PSC 的时序属性监控方法 .....	300
14.2.1	基于 AOP 扩展 BPEL 引擎 .....	302
14.2.2	属性表示 .....	303
14.2.3	观察器和分析器 .....	306
14.2.4	实验分析 .....	310
14.3	相关工作 .....	311

---

14.4	本章小结	312
14.5	参考文献	312
<b>第 15 章</b>	<b>Web 服务组合时间属性监控</b>	<b>314</b>
15.1	TPSC	314
15.1.1	PSC 时间扩展	316
15.1.2	TPSC 形式语法	316
15.1.3	基于时间自动机的操作语义	320
15.1.4	TPSC 的表达力	327
15.2	基于 TPSC 的 Web 服务组合过程中时间属性监控	329
15.2.1	基于 AOP 扩展 BPEL 引擎	331
15.2.2	属性表示	331
15.2.3	观察器和分析器	334
15.2.4	实验分析	336
15.3	相关工作	337
15.4	本章小结	338
15.5	参考文献	338
<b>第 16 章</b>	<b>Web 服务组合概率时间属性监控</b>	<b>340</b>
16.1	PTPSC	340
16.1.1	TPSC 概率扩展	340
16.1.2	PTPSC 形式语法	340
16.1.3	PTPSC 形式语义	343
16.1.4	PTPSC 表达力	345
16.2	基于 PTPSC 的 Web 服务组合概率时间属性的监控	346
16.2.1	基于 AOP 扩展 BPEL 引擎	347
16.2.2	属性表示	347
16.2.3	观察器和分析器	348
16.2.4	实验分析	350
16.3	相关工作	355
16.4	本章小结	356
16.5	参考文献	356
<b>附录</b>	<b>缩略词表</b>	<b>358</b>
	<b>结束语</b>	<b>360</b>

# 第 1 章 Web 服务概述

本章从总体上介绍 Web 服务的相关技术体系结构,在介绍了 Web 服务的基本定义之后,进一步对 XML(extensible markup language)、BPEL(business process execution language)、WS-CDL(web services choreography description language)、OWL-S(ontology web language for services)的相关技术和标准作了基本介绍。

近些年来,出现了一种新的计算模式:面向服务计算(service oriented computing, SOC)。SOC 的目标在于建立灵活的网络协作业务应用。服务作为该模式的基本模块,独立于程序语言,并具有自约束、描述、发布、定位和动态调用等特点,同时服务作为一种新的组件,由不同的开发者开发和维护,并提供给需求者使用,有利于资源的合理利用和维护。在基于服务的应用中,主要采用的体系结构是面向服务的体系结构(service oriented architecture, SOA),包括服务提供者、服务注册机构和服务请求者等部分。服务提供者在服务注册机构注册发布自己的服务,服务请求者通过服务注册机构发现所需服务,并获得调用服务所需信息,然后通过调用服务提供者提供的服务完成某个功能。SOA 对基于服务的应用起到了规范和指导作用。

SOC 这一计算模式,同时也是 SOA 这一体系结构的具体应用,必须有专门的服务描述、交互和注册等相关的标准。Web 服务技术正是解决这一问题的一种好的方案。Web 服务是架构在 XML 和 Internet 技术之上的分布式计算技术。从核心看,Web 服务技术相当简单,其目的是利用广泛使用的 Internet 协议在分布节点之间传递称为消息的 XML 文档,正是这种简单机制使 Web 服务实现了其主要目标,使平台、编程语言、数据格式异构的软件应用之间的互操作成为可能。但要成为一个分布式计算平台,仅有互操作是不够的,可靠的通信、安全、事物、管理等系统级服务,编程模型和协作协议等高级基础设施是构造和支撑复杂的分布式应用必备的。目前相关的标准都已制定并趋于完善。例如,用于消息传输的 SOAP(simple object access protocol),用于服务描述的 WSDL(web service definition language),用于注册的 UDDI(universal description discovery and integration)等,都为 Web 服务技术的快速发展和广泛应用提供了保证。

## 1.1 Web 服务简介

一般来说,Web 服务是有 URI(unified resource identification)标识的软件系统。Web 服务作为一种特殊的服务继承了服务的自治性、开放性、自描述性和实现无关性,同时 Web 服务是通过 Internet 实现远程访问的。

### 1.1.1 Web 服务定义

W3C 对 Web 服务的定义:Web 服务是由 URI 标识的软件应用,其接口和绑定可以用 XML 来定义和描述,并且可以被发现,与其他软件通过基于 Internet 的协议以 XML 消息交换的方式直接交互。

从 Web 服务的定义可以看出 Web 服务的 3 项核心内容。

(1) 通信:正如浏览器和服务器之间通过 HTTP 和 HTML 协议互相通信,Web 服务之间也需要一种能基于 Internet 协议互相传递 XML 消息的通信协议规范。

(2) 描述:Web 服务的接口和绑定需要用一种基于 XML 的语言来描述和定义。

(3) 发布和发现:Web 服务消费者可以通过中介发现 Web 服务,而 Web 服务的元信息需要发布到中介上。

### 1.1.2 Web 服务技术体系

Web 服务技术体系由一系列开放的协议和规范组成,这些协议和规范可以由任意方实现。Web 服务技术体系结构如图 1.1 所示。

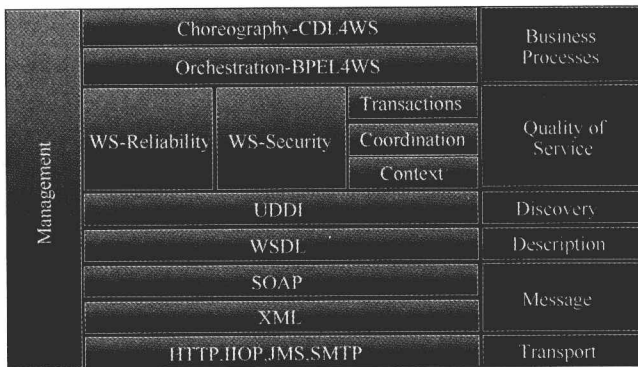


图 1.1 Web 服务技术体系

实现 Web 服务的主要功能组件如下。

(1) 服务通信:实现服务之间基于消息的通信(SOAP、XML)。



(2) 服务描述:提供定义服务描述的语言(WSDL)。

(3) 服务发布和发现:承担服务注册中心的角色。服务提供者可以把服务描述以及其他服务元信息发布到服务注册中心,服务消费者通过服务注册中心发现需要的服务(UDDI)。

(4) 服务组合:提供编排基本服务形成复合服务的语言,并提供执行这种语言的引擎(BPEL)。

(5) 服务协作:管理服务之间的协作通信(WS-CDL)。

本章先简单介绍 XML、BPEL、WS-CDL 和 OWL-S 等几个相关的技术标准,其余标准和规范(如 SOAP、WSDL 和 UDDI 等)在第 2 章作介绍。

## 1.2 XML 简介

随着 Internet 的迅速发展,Web 上数据的激增,面对庞大的信息海洋,有效地表示和组织数据成为人们关注的重点,XML 正是在这种背景下发展起来的。

### 1.2.1 XML 的由来与发展

为了解决 HTML 的可扩展性差和 SGML 过于烦琐的缺陷,W3C 于 1998 年 2 月发布了 XML 标准。XML 定义了一套语义标记的规则,这些标记将文档分成许多部件,并对这些部件加以标识。该语言被描述为“XML 是 SGML 的子集,其目标是允许普通的 SGML 在 Web 上以目前 HTML 的方式被服务、接受和处理。XML 被设计得易于实现,且可在 SGML 和 HTML 之间互操作”。XML 是一种元标记语言,用户可以根据需求定义自己的标记。

### 1.2.2 XML 简明语法规则

一个文档称为 XML 文档,它必须是格式良好的,也就是说按照 W3C 制定的 XML 规格标准语法和语义是正确的。格式不是良好的文档不能被接收处理,浏览器无法正常显示。格式良好的 XML 文档简化了解析器的内部代码,加快了文档解析速度。一个格式良好的 XML 文档由 3 个部分组成:可选的序言(prolog),包括注释、处理指令和文档类型定义等;文档的主体(body),由一个或多个元素组成,其形式为一个可能包含字符数据的层次树;可选的尾声(epilog),包括注释、处理指令和紧跟在后面的空白。

文档的第一行是一个 XML 声明,XML 声明是 XML 处理指令的一种,XML 文档中的处理指令以“<?”和“?>”标识,一个 XML 文档以一个 XML 声明作为开始。XML 声明给出了 XML 文档采用的 XML 版本号,是否和外部 DTD(document type definition)配合使用,以及数据所采用的编码方式等信息。文档第二行