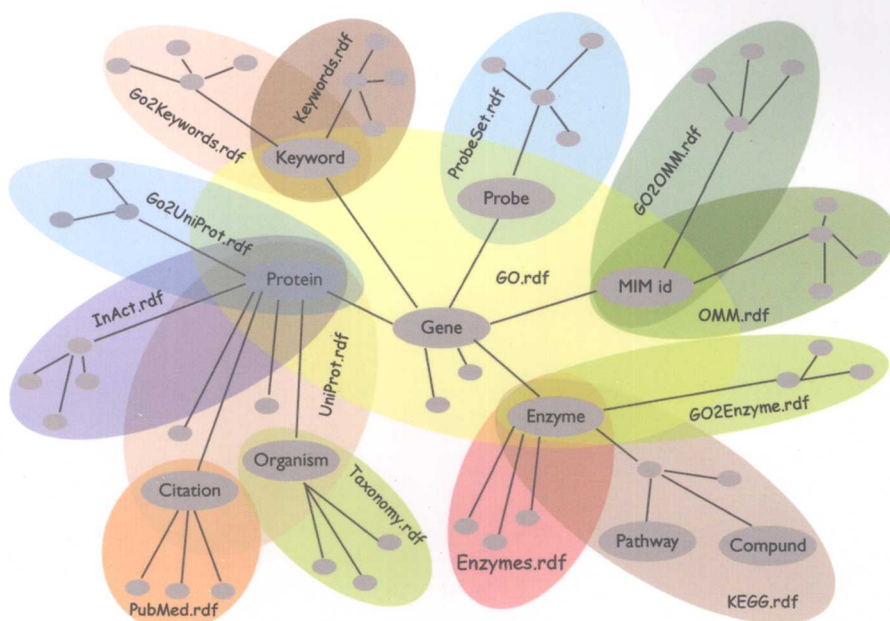


何克清 何扬帆 王 翀 著
梁 鹏 刘 进



TP311.5
305
12

本体元建模理论与方法及其应用

何克清 何扬帆 王 翀 著
梁 鹏 刘 进

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书针对面向服务的软件工程中语义互操作性问题,体系化融合本体论和软件工程中元建模研究的最新成果,系统地介绍了本体元建模理论与方法、核心技术标准、实际应用和互操作性测评。

本书共分三个部分:第一部分(第1~3章)介绍了研究背景和现状,本体元建模理论和方法,语义互操作性含义;第二部分(第4~7章)介绍了语义互操作性管理的ISO标准核心技术;第三部分(第8~10章)介绍了方法和技术标准在几个典型领域中的应用,以及互操作性测评等。最后(第11章)对今后的研究工作进行了展望。

本书可供从事软件工作的科研及技术人员阅读,亦可作为计算机软件与理论专业的研究生教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

本体元建模理论与方法及其应用/何克清等著. —北京:科学出版社,2008
ISBN 978-7-03-022604-4

I. 本… II. 何… III. 软件工程-研究 IV. TP311.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第104895号

责任编辑:任加林 庞海龙/ 责任校对:刘彦妮
责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

铭浩彩色印装有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2008年8月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008年8月第一次印刷 印张:20 1/4

印数:1—2 000 字数:454 900

定价:45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换(环伟))

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

序

在人类五千年的文明史中，计算机的发明对人类社会的影响是显著的，随着计算机科学从电子学中脱颖而出，软件工程也从计算机体系结构中脱颖而出。在软件工程发展的 40 年过程中，出现了一个个的里程碑，遗憾的是人们对软件工程的关注域是发散的，软件没有能够从软件工厂的自动化生产线上一批又一批地制造出来。软件的开发效率，或者说软件的性能价格比，并没有出现数量级的提高，信息电子领域出现的多种“摩尔速度”在软件工程中无任何迹象。对于 1000 个人月的软件开发工作量而言，10 个人开发 100 个月，完全不同于 100 个人开发 10 个月，这种工作量统计被图灵奖获得者 Frederick P. Brooks 教授称为软件工程中的“人月神话”。

进入网络时代，以网络为基础的信息设施及其中的软件，已经成为国民经济和社会可持续发展的基石。一个普遍的认识是软件产业已经从以产品为中心的制造业，转变为以用户为中心的服务业。软件工程的关注域的变化体现了不断向需求转移的倾向，为了适应频繁变化的不确定需求，要求软件系统随需演变，为了共享网络环境下大量异构的软件资源，要求满足用户需求的资源可以即时的组合，为了适应大规模的不同用户群交互的系统，要求多层次、多粒度的在线资源聚合和优化等，同时需求出现了个性化和多元化的趋势，促使软件的生产方式更加强调用户主导、规模化定制和敏捷开发来适应网络时代灵活、可信和即时的服务。

显然，传统软件工程中的层次结构无法表示基于 80 核的 CPU 芯片上的操作系统的运行模式。软件是由各个软件单元以及软件单元之间的相互作用组成的，每个软件单元可称为智能体或者主体，它们的大小若用粒度表示的话，对象、类、构件、子系统和系统等粒度是逐步增大的。换一个角度理解多核计算机的系统软件，可以认为是把一个个功能强大的可编程的含核软件单元放入互相连接的通信网络中的一个核（节点）上，节点主要完成各种各样的计算与处理功能，连接主要完成通信、数据交换和协同功能。这样一来，系统软件也可以用网络拓扑结构进行表示，有效的解决多核计算机中的并行计算问题，这和在互联网、万维网基础上的资源聚合和信息服务一样，形成了网络时代的软件工程。

针对大众用户需求的差异，研究发现需求的共性规律与个性化服务机理，可以采用本体描述的方式，从语法、语义和情境等方面，通过抽象建立

各种需求模型之上的元模型，为网络环境下的软件资源聚合提供支持。从网络环境下的普通查询到智能查询，再到知识发现和按需回答，从技术为中心构造应用到以用户为中心构造应用的模式转换，需求的描述能力也在不断的提高，从数据层互操作逐渐向语义层互操作转换，以可扩展标记语言 (XML)、简单对象访问协议 (SOAP)、超文本传输协议 (HTTP)、本体 Web 语言 (OWL) 和统一描述、发现和集成 (UDDI)、网络服务描述语言 (WSDL) 和元模型框架 (MFI) 等为主要内容，需求描述逐渐使用本体模型描述。本体描述是屏蔽差异性、覆盖个性化、多样化需求的抽象表示，允许跨越不同应用程序、领域和用户群体，实现资源共享。

网络时代软件工程的发展，在基础理论方面，过去的软件工程是基于图灵计算理论和冯·诺伊曼体系结构的，更看重系统，而今后更看重网络，更注重网络的动力学行为；在研究方法上，过去的软件工程以操作系统屏蔽硬件的异构性，中间件屏蔽操作系统的异构性，采用层次结构描述软件单元之间的相互关系，采用自顶向下分解、逐步求精的开发方法，重视软件生命周期、软件评测和软件成熟度。未来软件工程中网络成为一个信息资源环境，重视在不同时间、不同粒度的软件间的相互关系，软件按偏好依附生长、逐步演化，强调用户主导、面向领域、大规模定制，强调个性化、多元化的模型驱动开发、敏捷开发和按需即取。更关注开源软件和自由软件，不求软件所有只求软件所用，这些思想将会形成网络时代新的软件工程观。

据我所知，这是第一本从面向服务的软件工程角度来研究和阐述本体元建模理论与方法及其应用方面的专著。它的出版，可喜可贺。在网络环境中，研究支持复杂资源（如信息模型）之间的动态交互与协同、即互操作性 (Interoperability) 软件理论与方法，显得十分重要。本书研究的主要挑战性问题是：语义互操作如何才能被实现？信息如何才能被理解？

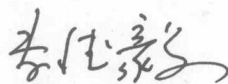
《本体元建模理论与方法及其应用》从理论基础、关键技术与方法、应用三个层面对本体元建模进行了系统论述。为了解决复杂资源能够被理解的问题，采用本体元模型，整体描述资源的深度语义、情境、结构和功能；为了解决语义互操作的实现问题，采用本体元建模理论及其模型映射与转换方法，以及互操作性元模型框架 MFI 等，为实现复杂资源聚合的语义互操作性组织与管理提供基础。

本书的一个令人鼓舞的亮点是研究成果的国际标准化。作者在论述了本体元建模理论与方法的基础上，介绍了他们主持研制成功的国际标准 ISO/IEC 19763-3、ISO/IEC 19763-5，以及参与研制的相关国际标准技术。值得强调的是，国际标准 ISO/IEC 19763-3 已经在 2007 年 12 月由 ISO 国际组织

公开发布，在国际和国内进入了广泛应用的阶段。这是我国在信息服务软件领域，成功地主导研制 ISO 国际标准的零的突破，为我国在主持承担 ISO 国际标准及推广应用方面开辟了一条新路。

本书还注重研究的实验载体，介绍了本体元建模理论与方法及其国际标准，在制造业信息化等特定领域取得的成功应用实践。本书也可作为国家“973”计划“需求工程——对复杂系统的软件工程基础研究”项目的一个基础性成果奉献给大家。

《本体元建模理论与方法及其应用》一书，主题新颖，取材翔实，条理清晰，可读性强。但愿读者通过阅读这部新著，对软件工程获得更新、更深刻的理解，并取得较好的收获。



中国工程院 院士

2008年7月于北京

前 言

2005年,《纽约时报》的专栏作家托马斯·弗里德曼在《世界是平的》一书中认为:21世纪初以来,随着互联网技术的快速发展和普及应用的社会性渗透,“世界开始从垂直的价值创造模式(命令和控制)向日益水平化的价值创造模式(联系与合作)转变”。这种发展使网络作为全局性资源和媒介,向涉众用户提供各种信息服务,包括数据服务、信息内容服务、业务服务。作为信息系统的核心,互联网发展给软件形态带来了革命性的转变——软件的网络化,我们应该从复杂网络的视点重新认识软件和软件工程。软件实体元素之间的交互与协同能够创造价值,而且软件的开发范型、应用模式、产品形态以及盈利模式也都在发生着根本性变化。简单地说,这种软件使任何人、与他需要得到服务的任何问题的答案,两者之间的距离、所花费的开销、所等待的时间,只需要通过点击鼠标,就可以这么简单、这么近、这么快、这么可信地完成。网络普及和软件创新成为当今软件工程发展的主要推动力。

不难发现,以网络为基础的信息系统已经大大改变了人们的工作与生活方式。可以预计,在不久的将来,人网交互的软件生态环境将进一步发展,以满足个性化多样化用户需求为目标的面向服务的软件工程研究将成为学科发展的前沿,我们正在走向面向服务的软件工程时代。

研究面向服务的软件工程,基本问题是解决网络化软件资源之间、信息资源之间的交互与协同。我们必须注意到网络中软件实体(资源)的异质异构特征,即它们在功能、组成、使用方式到支撑环境等各方面都存在差异,底层的交互也存在明显的技术障碍。但从实质上看,具有交互需求的软件实体在抽象(语义)层次上必然具有内在联系。因此,我们将通过抽象软件实体资源的语义信息来建立表征其语义的本体模型,研究本体驱动的软件实体资源之间的互操作性问题已成为当前研究关注的热点。

源于哲学范畴的本体论(Ontology)在计算机科学技术领域,尤其是知识工程领域首先得到了应用。近年来,本体论已被广泛地应用于信息与知识的分类和表达,应用领域的本体得到了共享与重用。利用本体对应用领域相关知识进行建模能够有效地支撑信息的语义共享,本体及其形式化规范还能够应用于人-机通信、机-机通信与信息交换,有力地支撑系统的语义集成与互操作。本体描述语言OWL(Web Ontology Language)和OWL-S(OWL for Web Service)等极大增强了本体的建模机制和表达能力,推动了语义服务计算的工

程化进程。我们选择本体来表达软件的语义行为，主要的理由是本体模型具有开放、可伸缩地定义和描述语义关联的特性，从而具有随问题的语义丰简、智能化程度的需要，开放地表达与构造软件实体的语义行为能力。

软件工程中，为了屏蔽描述结构的多样性和差异，元描述、元建模已成为一种有力的手段。例如，语言规范了表达的形式，元语言是描述语言的语言，元语言定义了语言的规范，如BNF范式定义Pascal、C等语言的语法。数据是信息的具体表示，元数据成为信息交换的基础，如XML Schema等。统一建模语言UML (Unified Modeling Language) 元模型能够指导用户从各个侧面对系统的静态结构和动态行为建模。同样，元建模体系，如2003年OMG推出的MOF (Meta Object Facility) 2.0, CWM (Common Warehouse Metamodel) 等定义了建模语言的基础规范，规定了建模元素及其之间的关联、语法和语义以及所描述的模型范畴。

然而，传统的建模语言UML仅以软件结构及其元素之间的关联为中心给出了其静态语义，缺乏相应的动态语义描述，因此是弱语义的。这种软件结构静态语义和动态语义的分离给“使信息能够被理解”带来了困难，因此，如何方便计算机不仅仅能处理信息，而且能够对其进行理解和推理正成为当前研究的关注重点。建模语言的元模型定义了模型必须符合的语法规则，是语言的灵魂，而计算机理解与推理却离不开逻辑和语义技术的支持。所以，从方法论层面上讲，我们在软件工程元建模体系中融入本体模型，研究增强建模语言的逻辑表现能力并能够显式地表达模型语义和语法结构的方法。这也正是本书介绍的本体元建模理论与方法的核心思想。

元建模技术和本体技术是本体元建模理论与方法的基石。其中，元建模技术一直是软件工程界的重点研究内容。在创建各类开发工具与平台时通常都需要采取合适的方式嵌入相应语言的元模型，以此作为检验模型是否符合语法的依据。本体技术随着语义Web的兴起而逐渐成熟为一种知识表达与管理的技术。简单地讲，本体也是一种模型，它以显式的方式定义了特定问题领域中概念的含义。本体具有明确的逻辑基础，所以在推理工具的支持下，我们能够对本体中概念的含意做深层次的推理，得到很多凭借人脑很难直接想象得到的结论。因此，我们提出了本体与元建模设施MOF体系化融合的本体元建模理论与方法，本体通过语义标识来组织元模型/模型以实现模型语义和结构的显式表达。可以说，在本体元建模方法的指导下进行建模，有助于提高信息系统在语义、语法结构、情境及其相互映射关联的整体而清晰的描述；而且将成为面向服务的软件工程中构造软件实体资源的基础理论与方法，为实现信息系统之间、软件实体之间的语义互操作和信息资源的深度共享奠

定了基础。

但是,本书的本体元建模理论并没有提供完整的形式化体系。作者认为完整严密的形式化理论固然重要,但是用户难以理解和接受。本体元模型具备一定的形式化理论基础;更重要的是,在用户参与的人网交互系统中需要具有直观普适的技术特点、更容易被涉众用户所接受。而且,本体元模型方法有利于我们对问题与问题求解的语义丰简、智能化理解深度等,根据实际需要进行可调节的、开放的表达构造软件系统语义互操作性行为的能力。

本书编写具体分工如下:第1章由何扬帆博士、何克清教授撰写,第2、4、5章由何扬帆博士撰写,第3、7章由王翀撰写,第6章由刘进副教授、何扬帆博士、戴佩共同撰写,第8章由马于涛博士、王翀和戴佩共同撰写,第9章由梁鹏副教授、王翀共同撰写,第10章由何扬帆博士、王翀和王健共同撰写,第11章由王翀、何克清教授撰写。最后,全书的统稿和修订工作由何克清教授主持完成。

在本书出版之际,我们非常感谢软件工程国家重点实验室的老师和同学们,特别是实验室学术委员会主任李德毅院士,许承瑜教授,研究组的李兵教授、彭蓉副教授、马于涛讲师,以及王健、刘玮、余敦辉、田精白、冯在文、龚平等,他们与我们进行的有益讨论以及提供的材料给予了我们许多帮助。另外,我们诚挚感谢 ISO/IEC JTC1 SC32 主席 Bruce Bargmeyer 教授,日本东京国际大学的 Hajime Horiuchi 教授,日本东京电力公司的 Masao Okabe 部长,日本 Kanrikogaku Kenkyusho 公司的 Obayashi Masaharu 先生和韩国高丽大学的 Doo-Kwon Baik 教授,感谢他们在国际标准活动中给予的大力支持和帮助。

本书的研究和撰写得到国家重点基础研究发展计划项目“973”计划项目(项目编号:2006CB708302,2007CB310801)、国家高技术研究发展计划项目“863”计划项目(项目编号:2006AA04Z156)和国家自然科学基金项目(项目编号:90604005,60703018,60703009)的资助,在此我们表示衷心的感谢!

感谢所有关心和支持我们的同仁!

由于面向服务的软件工程及其本体元建模理论与方法是一个全新的研究方向,有许多问题仍然需要深入的研究与探索,再加上作者学识有限,疏误之处在所难免,敬请各位读者批评指正。(与我们联系的 E-mail: hekeqing@public.wh.hb.cn; heyangfan927@163.com)

作者

2008年4月于珞珈山

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 信息系统的互操作问题	1
1.2 从含意三角形到语义三角形	2
1.3 本体元建模理论与方法	4
1.4 复杂信息资源的管理与服务模型 SSCI	6
1.5 本书的组织结构	7
参考文献	8
第 2 章 本体元模型	10
2.1 什么是本体	10
2.1.1 本体的定义	10
2.1.2 本体的结构与描述语言	11
2.1.3 本体的分类	15
2.1.4 本体在软件工程中的应用	15
2.2 什么是元模型	16
2.2.1 元模型的定义	16
2.2.2 元模型的创建	19
2.2.3 元模型在软件工程中的应用	23
2.3 什么是本体元模型	24
2.3.1 用本体语言描述的元模型	24
2.3.2 用本体语义标识的元模型	25
2.4 本体元模型与语义互操作	26
2.4.1 什么是语义互操作	26
2.4.2 语义 Web 服务	28
2.4.3 基于本体元模型的语义互操作	34
2.5 小结	36
参考文献	36
第 3 章 本体元建模	39
3.1 本体元建模理论	39
3.1.1 基本思想	40
3.1.2 本体的 UML 承诺与表达	42
3.1.3 本体元建模	43

3.2 复杂信息资源管理技术	46
3.2.1 ISO/IEC 11179	46
3.2.2 OASIS ebXML	49
3.2.3 UDDI	50
3.3 基于本体的软件工程	51
3.3.1 语义中间件技术	51
3.3.2 本体定义元模型 ODM	54
3.4 SSOA 相关研究	55
3.4.1 DIP	56
3.4.2 SEKT	57
3.4.3 DERI	58
3.5 小结	59
参考文献	59
第4章 支持语义互操作的复杂信息资源管理框架	61
4.1 现状分析	61
4.2 国际标准 ISO/IEC 19763 综述	61
4.3 ISO/IEC 19763-2 核心模型	63
4.4 ISO/IEC 19763 对语义互操作的支撑作用	65
4.5 小结	65
参考文献	65
第5章 支持语义互操作的本体管理元模型	66
5.1 本体管理研究概述	66
5.2 本体注册元模型	68
5.2.1 概述	68
5.2.2 示例分析	72
5.3 本体演化元模型	74
5.3.1 概述	74
5.3.2 变化模型	77
5.3.3 约束模型	78
5.3.4 变化传播模型	83
5.3.5 演化信息模型	84
5.3.6 基于 MFI 的本体演化过程	84
5.4 本体映射元模型	85
5.4.1 概述	85
5.4.2 基于 MFI 的本体映射元模型	86
5.5 基于 MFI 的本体管理平台的设计方案	90
5.5.1 平台的体系结构	90
5.5.2 平台使用的本体映射算法	91

5.6	本体管理元模型的应用	93
5.7	小结	94
	参考文献	94
第6章	支持语义互操作的模型转换与映射框架	96
6.1	模型转换与模型映射	96
6.2	模型转换研究概述	96
6.3	模型转换形式定义	97
6.3.1	语法和语义转换的形式定义	97
6.3.2	模型转换讨论	100
6.3.3	模型迁移	100
6.3.4	意图转换	101
6.4	模型转换抽象框架	105
6.4.1	设计原则	105
6.4.2	模型转换抽象框架	108
6.4.3	模型转换过程模型	110
6.5	模型转换技术	114
6.5.1	模型转换的技术要素	114
6.5.2	模型构成和表示	116
6.5.3	PIM 示例	118
6.5.4	转换规则	120
6.5.5	基于 OCL 的模型查询	126
6.5.6	模型转换	130
6.5.7	模型可视化	140
6.6	模型迁移	140
6.6.1	建模范型进化和模型迁移	141
6.6.2	模型转换和模型迁移	142
6.6.3	UML 模型迁移的若干问题	142
6.7	模型映射元模型 MFI-4	148
6.7.1	模型映射元模型(MFI-4)的基本思想	148
6.7.2	MFI-4 中的重要概念和约定	148
6.7.3	LevelPair 规则	148
6.7.4	模型转换语言	149
6.7.5	模型转换类型	150
6.7.6	基于 MFI-4 的模型映射的例子	153
6.8	小结	154
	参考文献	154
第7章	支持语义互操作的过程模型管理框架	160
7.1	过程模型的定义	161

7.1.1	什么是过程	161
7.1.2	什么是过程模型	162
7.2	过程模型的互操作性注册与管理	167
7.2.1	MPMR 概述	167
7.2.2	基本模型	169
7.2.3	过程控制模型	171
7.2.4	示例分析	176
7.3	过程模型互操作性管理框架及其应用	179
7.3.1	过程模型管理框架	179
7.3.2	模型映射规则的管理	181
7.3.3	过程模型管理框架的应用	190
7.4	小结	193
	参考文献	193
第 8 章	本体元建模技术的应用	195
8.1	基于 MFI 的制造业信息化软件库管理与服务平台	195
8.1.1	研究背景和现状分析	195
8.1.2	涉及的关键技术	199
8.1.3	系统解决方案	205
8.1.4	平台结构和主要功能	222
8.2	基于 MFI 的生态信息管理	228
8.2.1	生态语义研究简介	229
8.2.2	研究的任务和目标	230
8.2.3	系统概述	231
8.2.4	语义管理	233
8.2.5	相关的 Web 服务类型	235
8.2.6	水资源领域的应用	237
8.3	小结	239
	参考文献	239
第 9 章	语义互操作性测评	241
9.1	互操作性测评概述	241
9.1.1	互操作性定义	241
9.1.2	信息系统互操作性	243
9.2	数据层互操作性	244
9.2.1	数据层互操作性难点	244
9.2.2	数据层互操作性技术现状	245
9.2.3	数据层互操作性解决方法	247
9.3	语义层互操作性	261
9.3.1	语义层互操作性难点	261

9.3.2 本体概念映射技术现状	263
9.3.3 基于分类的本体概念映射	264
9.4 业务过程层互操作性	267
9.4.1 业务过程层互操作性难点	267
9.4.2 业务过程层互操作性现状	269
9.4.3 基于元模型的业务过程互操作性	270
9.5 互操作性测试平台原型	276
9.5.1 研究背景	276
9.5.2 互操作性测试平台的实现	276
9.5.3 互操作性测试结果	283
9.6 小结	284
参考文献	284
第 10 章 情境感知的互操作性管理技术	287
10.1 情境相关研究概述	287
10.1.1 情境感知的网络式软件	287
10.1.2 情境与情境感知	289
10.1.3 情境的作用	291
10.2 情境的元描述	292
10.2.1 情境模型	292
10.2.2 情境元模型 UPES	292
10.2.3 扩展 OWL-S 描述情境信息	295
10.3 基于情境的语义互操作性管理	297
10.3.1 基本思想	297
10.3.2 情境感知的扩展 MPMR	298
10.3.3 用户主导的过程模型选择	299
10.4 小结	301
参考文献	301
第 11 章 总结和展望	303
附录 A 英汉缩写词对照表	305
附录 B 英汉术语对照表	306

第1章 绪 论

互操作性问题是一个十分棘手的问题,不是一个甜面包。语义互操作如何才能实现?复杂信息资源如何才能被理解?本章首先分析了信息系统的互操作性问题;拓展了语言学研究领域人和人之间交流与沟通的“含意三角形”模型为“语义三角形”模型,提供了语义互操作性研究的观念性基础,为本体元建模理论与方法的研究提供了依据;论述了本体元建模理论与方法的重要性;提出了复杂信息资源管理与服务的新模型 SS-CI。为解决“语义互操作如何才能实现?”“复杂信息资源如何才能被理解?”问题,形成了创新研究的基础。

1.1 信息系统的互操作问题

随着信息技术的不断发展,信息系统逐渐融入了人们的生活,成为了人们日常工作、生活不可或缺的组成部分。最初的计算系统离大众的视线较远,主要用作科学计算。后来,人们开始使用信息系统来完成传统业务领域中一些人工作业环节。银行系统使用的 ATM 机和各个企业广泛使用的 ERP 系统是这一阶段信息系统的典型代表。很多时候,企业的业务分布在不同的地理区域,需要在不同的地点设立信息子系统,开始以分散与连接的形式将各个子系统联系起来,信息系统呈现分布式特点。

21 世纪初以来,网络技术应用的快速普及和软件创新,使世界逐渐变平、变小,揭示了横向的世界之间的联系,对社会结构的纵向组织影响深远。世界开始从垂直的价值创造模式(命令和控制)向日益水平化的价值创造模式(联系与合作)转变”。软件是平的,从“系统化”到“城市化”,软件是系统的系统,软件系统之间、软件元素之间的交互与合作(协同)创造服务价值。这一变化可以与建筑学类比,因为建筑学与软件开发方法学在很多方面具有相似之处。二者研究的对象都是比较复杂,具有多方面特征。在设计阶段,都需要对各方面的特征要求进行权衡。在建筑学方面,当研究对象限制在单个的建筑物“系统”之时,研究的重点在于考虑如何满足多个功性能需求,比如通风、采光、节能进行综合的设计。当研究的对象是由多个建筑物组成的城市时,研究重点转变为如何提供诸多建筑物“系统”之间在城市整体规划基础设施中的合理便利的交互与协同,改善整个城市的布局,以提升城市居民的生活与工作的质量体验。

我们正在走向面向服务的软件工程时代,如何最大限度地重用网上丰富的信息系统及资源,并且能够集成到以用户为中心的业务活动以及信息资源内容服务的问题,是一个富有挑战性的技术难题;如何促进信息系统中各种资源、以及系统之间的互联、互通、互操作,逐渐成为了研究关注的焦点(Andreas, 2003; Marko, 2003; Mike, 2008)。在软件工程中,这一问题本质上是需要解决信息资源之间以及和用户业务模型之间的互操作性问题。

互操作性问题是一个十分棘手的问题,不是一个甜面包。那么,语义互操作性是否总能实现? Mike King 在悉尼五月 ISO/IEC JTC1 SC32 开放论坛国际会议上的报告中指出,通过上百个(异构)系统集成的实践经验,很显然,答案是 No。由于这些(异构)系统没有统一的数据源,因此在系统之间进行数据的复制是非常普遍的操作。例如,产品信息数据和顾客信息数据都被存放在多个系统中,而且在不同的系统中,这些数据的描述和存储格式都不同,从而使问题变得更为复杂。

由于网络中的信息资源异质异构,从功能、组成、使用方式到支撑环境等各方面都存在差异。所以,它们之间在底层上实现互操作存在明显的技术障碍。改变我们的被动观念,针对这种网络信息资源之间的松散耦合、协同工作的目标特征,在底层实现技术之上,首先,应该研究如何建立支撑信息资源互操作性的理论与方法。从实质上看,具有交互需求的信息资源实体在抽象(语义)层次上必然具有内在联系。因此,我们通过抽象实体的语义信息,建立表征其语义的本体模型,进而基于本体驱动,研究两者之间的互操作性问题;其次,应该研制语义互操作性管理与服务机制的技术标准,实现网络中信息资源的语义互操作性分类、注册、联邦存储、查询与选择服务,从而实现互操作性的科学组织与管理。通过标准与规范技术,促进信息资源之间的松散耦合与互操作,进一步拉近人网交互软件生态环境中人与所需资源的距离,满足不同层次的利益相关用户的服务需求。

因此,本书为了促进上述目标的实现,提出并论述了本体元建模理论与方法及其相关重要技术。在此基础上,介绍了我们研制的语义互操作性元模型框架 MFI 国际 ISO 标准,特别重点推介了我们主导研制完成的 MFI 本体注册元模型国际标准 ISO/IEC 19763-3 的内容;并通过应用实例,检验了本体元建模理论与方法及互操作性国际标准的有效性、实用性。使语义互操作性问题不再十分棘手,成为了一个有理论与方法基础、有国际标准技术规范可遵从的问题。

1.2 从含意三角形到语义三角形

信息系统的互操作与人们的日常交流与沟通有很多的相似之处。实际上,人们在解决信息系统的互操作问题时,很多方法的灵感来源于人们在日常交互中的基本做法。现在,系统的互操作水平远不能达到人际沟通所能达到的灵活有效的程度。所以,通过对人际沟通过程的深入分析,了解其有效沟通的基本要素和基本过程,既可以让我们对信息系统的互操作问题有更加深入的理解,又便于我们形成更加有效的互操作性理论与方法。

在人们的日常生活中,共同的背景知识对于人们能否准确的交换意见起着关键的作用。一般来说,相同的背景知识越多,人们沟通的障碍就越小。这样一来,当一方表达某种含意时,另一方通常能够准确地把握对方的意思。背景知识包罗万象,包括我们对句法知识的定义、对于概念含义的理解以及很多与情境有关的知识。在人们的成长过程中,教育帮助我们准备了必要的背景知识。文献(Ogden et al., 1927)中提出的含意三角形(Meaning Triangle)是语言学研究领域对于有效的人际交流与沟通的一个著名

理论。

含意三角形有 3 个基本组成要素：指示物、指示物的描述符号和指示物在人脑中形成的概念。图 1.1 展示了含意三角形的基本结构。含意三角形表明，如果两个人希望能够就某一实际指示物达成一致的理解，那么至少需要满足下面 3 个条件：

- 1) 对于指示物称为的概念及其含意有一致的理解。
- 2) 对符号的构成规则，即语法，有一致的理解。
- 3) 对符号的指代物有相同的情境 (Context) 约定。

比如，当一个人说“这是一张玫瑰剪贴画”时，另外一个人如果能够正确理解前者的意思，一方面需要对这个句子的组成结构有相同的认识，另一方面还需要对玫瑰、剪贴画等符号的指示物有相同的约定。图 1.2 展示了含意三角形理论中信息有效沟通的基本过程，人与人之间在相同的情境中，通过含意三角形模型，传递玫瑰花剪贴画符号信息、交互的“我看见了一张玫瑰花剪贴画”信息模型中蕴涵的语义和语法结构。如果两个人完全满足上述 3 个条件，那么就能够达成“看见了一张玫瑰花剪贴画”的一致理解，实现了“含意互操作”。

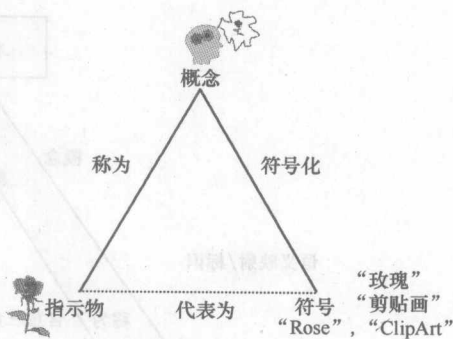


图 1.1 含意三角形 (Ogden et al., 1927)

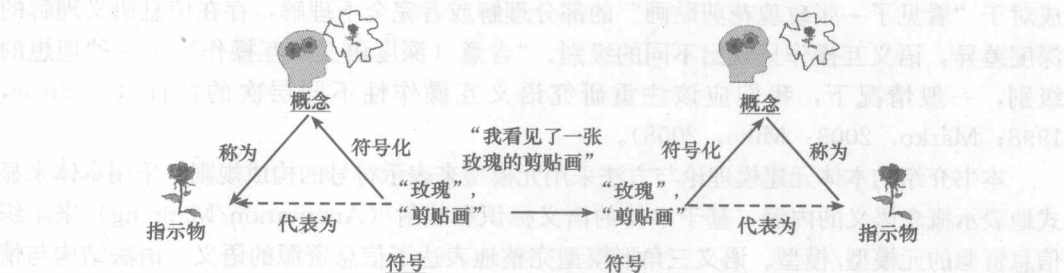


图 1.2 基于含意三角形的信息交流基本过程

在日常沟通中，通过各种方式的学习，我们可以获取必要的语法以及概念性知识。对于信息系统之间的交互来说，如果在交互信息的语法和语义方面给出明确的说明，系统之间的交互也是比较准确、高效的。与人与人的沟通相比，信息系统的交互会更加频繁。为了提高交互的效果，可以将交互信息的语法规则与语义知识以计算机能够理解的方式表示出来。所以，在传统的含意三角形的基础上，对概念及其之间的关联语义化、形成本体模型；对于符号引入建模描述语言 UML 及其元模型规范、元建模设施 MOF；设定指示物为信息资源模型；本体通过语义标识与映射关联到信息资源的元模型与模型；情境给出了对信息模型的影响与约束。形成了如图 1.3 所示的由符号 (Sign)-概念 (Concepts) 本体-实例信息模型 (Instance Model) 组成的用于信息系统之间、信息资源之间的语义互操作的语义三角形 (Semantic Triangle)，成为本体元建模支撑语义互