

面向服务的本体元建模理论与方法研究

何克清¹⁾ 何非²⁾ 李兵¹⁾ 何扬帆¹⁾ 刘进¹⁾ 梁鹏¹⁾ 王翀¹⁾

¹⁾(武汉大学软件工程国家重点实验室 武汉 430072)

²⁾(早稻田大学科学与工程大学院计算机科学专攻 东京 169-8555)

摘 要 为实现互联网上异种异构的复杂信息资源有序化组织和互操作性服务与共享的目标,文章研究了语义服务的元计算问题,提出了本体元建模理论和方法.首先定义了本体 UML 承诺,提倡本体 UML 表达,给出了本体的元机制;论述了元建模中的“元”概念,给出了元层次停止准则、模型转换机制;然后提出了本体建模和 MOF 元模型设施相融合的体系结构,给出了以用户为中心的复杂信息资源服务应用模式 SCDI,为本体元建模方法的体系化提供了基础.还介绍了作者在国际 ISO SC32 标准 MMFI for Ontology Registry 研究中的应用成果.最后给出了 HL7 领域本体与元模型设计的应用.本体元建模为语义服务计算的实现,提供了一条可行的路径.

关键词 本体与元建模;有序性;互操作性;本体元建模体系结构;服务应用模式 SCDI

中图法分类号 TP311

Research on Service-Oriented Ontology & Meta-Modeling Theory and Methodology

HE Ke-Qing¹⁾ HE Fei²⁾ LI Bing¹⁾ HE Yang-Fan¹⁾ LIU Jin¹⁾ LIANG Peng¹⁾ WANG Chong¹⁾

¹⁾(State Key Laboratory of Software Engineering, Wuhan University, Wuhan 430072)

²⁾(Major in Computer Science, Graduate School of Science and Engineering, Waseda University, Tokyo 169-8555)

Abstract The meta-computing problem in semantic service is investigated and the ontology & meta-modeling theory and methodology are proposed in this paper for the purpose of ordering organization, interoperability service and sharing of heterogeneous complex information in internet. The UML commitment for ontology is defined and UML expression for ontology and ontology meta-mechanism is proposed at first. The “meta” concept in meta-modeling, the meta level termination criteria and model transformation mechanism are discussed secondly. At last the architecture combining ontology modeling and MOF is proposed, and the user-centric complex information resource service application pattern—SCDI is presented. These form the fundamental systematic theory for the ontology & meta-modeling. The application of ISO SC32 standard MMFI for Ontology Registry is also introduced, and the application of HL7 domain ontology and meta-model design is presented. The authors argue that ontology & meta-modeling provides a feasible solution for the implementation of semantic service computing.

Keywords ontology & meta-modeling; ordering; interoperability; architecture of ontology & meta-modeling; service application pattern(SCDI)

收稿日期:2004-12-09;修改稿收到日期:2005-01-31.本课题得到国家自然科学基金(60373086)、湖北省科技重点项目(2004AA103A02)、武汉市科技重点项目基金(20021002043)、湖北省自然科学基金(2002ABB037)、ISO SC32 19763-3 标准研究项目资助.何克清,男,1947 年生,博士,教授,博士生导师,从事软件工程基础、基础设施、技术标准研究. E-mail: hekeqing@public.wh.hb.cn.何非,男,1974 年生,硕士,主要从事软件建模、MDA 方法与技术的研究.李兵,男,1969 年生,博士后,副教授,主要研究方向为复杂网络、语义 Web 服务.何扬帆,女,1979 年生,博士研究生,主要研究方向为本体与元建模及其标准.刘进,男,1977 年生,博士研究生,主要研究方向为元建模和本体应用.梁鹏,男,1978 年生,讲师,博士研究生,主要研究方向为软件互操作性测试.王翀,女,1981 年生,硕士研究生,主要研究方向为软件工程.

1 引言

计算系统范型(Paradigm)的发展,经历了集中管理式的主机(Mainframe)系统时代与分布式系统时代的交替发展的否定之否定的过程.如图 1 所示,当前,在互联网快速发展的环境中,已经面临着面

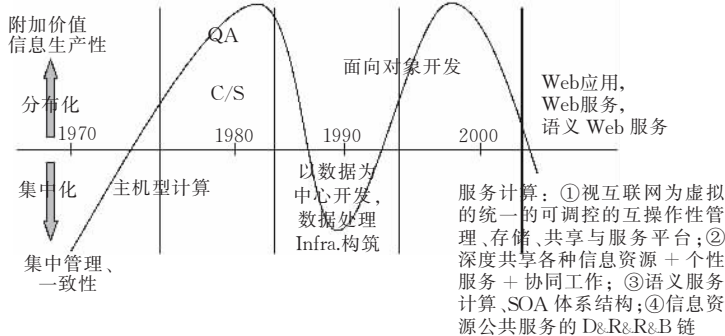


图 1 计算系统范型的发展

近来流行的网络理念、面向服务的架构 SOA (Service Oriented Architecture) 思想和“虚拟组织与管理”运作模式给困惑了人们许久的动态、跨管理域的网络应用集成问题带来了曙光.但是,如何进行信息资源的有序化深度聚合,科学地构造和组织大粒度复杂信息(例如信息模型、软构件、模式、过程等)的业务级服务,如何能够方便地让最终业务用户自行组装出面向服务的应用,从而提高服务效率、实现互操作性服务与大粒度复杂信息资源的共享,更灵活地构造出个性化的、能适应业务动态变化和满足即时需求的网络应用等问题倍受关注.

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^[1].近年来,本体论已被应用于信息与知识的分类、表达,应用领域本体的共享及重用.本体建模能够支撑信息共享、语义共享,本体及其形式化规范能够应用于人-机通信、机-机通信与交换^[2],有力地支撑系统的语义集成与互操作.最新的 OWL(Web Ontology Language)^[3]等代表性本体描述语言都采用了大量逻辑符号和抽象描述,不便于理解和掌握,同时欠缺开发工具的支持,因此不能满足实际的精确本体建模的需要和一类知识(如定性知识等)的表达,应该研究更加工程化的本体承诺语言与方法.2004年,OMG 开始研究的 ODM(Ontology Define Metamodel)虽然还没有完成,但是为增强本体的建模机制和表达能力、语义服务计算的工程化需要迈出了重要一步.

元语言定义语言的规范,如 BNF 范式能定义

向用户需求、虚拟的集中式组织和管理互联网上信息资源的服务计算时代.视互联网为虚拟的统一的、可调控的互操作性管理、存储、共享与服务应用平台,用户能够深度共享各种信息资源,满足个性服务、协同工作需求的服务计算理论与方法及其技术标准、平台的研究,已经在国际上出现了激烈的竞争,存在大量的挑战性研究开发课题.

Pascal 语法等应用,已众所周知.元模型作为定义建模语言和描述模型扩充的基础规范,如 UML 元模型等,已经得到了有效的应用.各标准化组织纷纷结合其应用领域,制定自己的元数据、元模型标准.由于信息系统的元模型比元数据更加复杂,而且在不同组织所定义的元模型之间,可能存在概念定义不同和采用技术不同的双重分歧.2003 年以来 OMG 推出的 CWM(Common Warhorse Metamodel)^[4], MOF(Meta Object Facility) 2.0^[5], UML(Unified Modeling Language) 2.0^[6]为元建模的研究提供了技术基础.元建模通过元层次上的互操作性保证的特点对软件工程,特别是互联网上复杂信息资源服务计算的发展具有重要意义.

研究语义服务计算的基础理论与方法,应该考虑两个基本条件:(1)以业务用户的需求为主导,能够支撑即时构建网络应用的相关方法和技术.事实上,从过去的以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正是近年来信息技术领域的一项重大的思维变革.针对网络上分布的用户的异构平台和语言、不同的应用领域逻辑和需求等实际技术要求,我们应该研究不同业务用户容易理解的基于公共逻辑的建模方法和语言.(2)对于服务应用开发与管理而言,为了在服务系统中支撑信息资源的深度聚合,科学地有序化组织和构造大粒度复杂信息资源的业务级服务,实现信息资源的互操作性管理,我们应该超越传统的实例(instance)级信息管理的理念,研究实例级别之上的既满足条件(1)又满足条件(2)的元级计算理论与方法.

一般而言,技术性强的元建模方法只能为软件工程师所理解,不具备自然、直观、公用性、易理解性.本研究将软件工程的元建模方法与公共逻辑范畴的自然、直观的本体论有机融合,形成本体元建模理论与方法,是本研究的特点之一.作为实现本体与元建模有机融合的技术桥梁之一,同时为了增强本体建模的工程化构造能力与建模机制,我们研究本体对象的 UML 承诺,也是本研究的特点之一.

本体建模的研究已经在国内引起了高度重视并取得了可喜的成果.如浙江大学吴朝晖教授研究开发了我国首例中草药本体库,中国科学院数学研究所陆汝钫院士、金芝教授在基于本体的需求工程研究方面取得了重要成果,北京大学许卓群教授在 Web 本体研究上取得了令人瞩目的成果,中国科学技术大学陈恩红博士在本体的进化方面进行了深入的研究.

本文第 2 节中提出并定义了本体 UML 承诺、提倡本体的 UML 表达,为 UML 本体对象建模提供了理论依据;第 3 节中论述了本体建模中的元机制;第 4 节中论述了软件工程中元建模的“元”概念、元层次停止准则、元模型种类及其模型转换机制;第 5 节中提出了本体建模和 MOF 元模型设施相融合的体系结构,给出了以用户为中心的复杂信息资源服务应用模式 SCDI,从而为形成本体与元建模理论与服务方法体系提供了构造性基础.作为实践应用研究,还介绍了我们在国际 ISO SC32 标准 MMFI (Meta Modeling Framework for Interoperability) for Ontology Registry 研究中的应用成果;本文第 6

节中给出了 HL7 领域本体与元模型的应用.

2 本体的 UML 承诺与表达

哲学中的本体研究存在 (being) 的性质及其内在关系;在人们认识存在的特征所形成概念及其之间关系的基础上,本体可认为是概念内涵的显式表达;在认知上,本体是在一定知识范围内,对所谈论的具有一定粒度的一组概念及其对它们给出的一种语义约定.本体建模是一种元理论,能为研究领域的问题统一认识,消除由于应用背景不同而造成理解上的冲突和混乱.因此,在语义服务环境中,基于本体的信息模型适用解决信息异构等问题,实现人与计算机系统、系统之间的通信与交换、语义共享和协同工作.

所谓本体承诺是建立在某种语言和可以被称为本体的某种事物之间的映射^[7].我们引入本体的概念化结构 $C\langle D, R \rangle$,其中 D 表示一个领域, R 表示作用在 D 上概念间关系的集合.我们研究本体承诺 $K = \langle C, I \rangle$,如果依据 K ,使得 $L(\text{UML})$ 的内部含意的解释模型 (intended models) 被包含于本体的 UML 模型规范内,那么一个用语言 $L(\text{UML})$ 描述的本体就近似地表征了一个概念化 C .语义是含意 (meaning) 的含意,我们主要关注本体 UML 承诺的内涵语义解释 $I_K(\text{UML})$,它是本体 UML 规范(图 2 方框部分)的核心.在以上定义的基础上,我们提倡利用 UML 和 OCL(Object Constraint Language)^[8] 精细地表达本体模型.

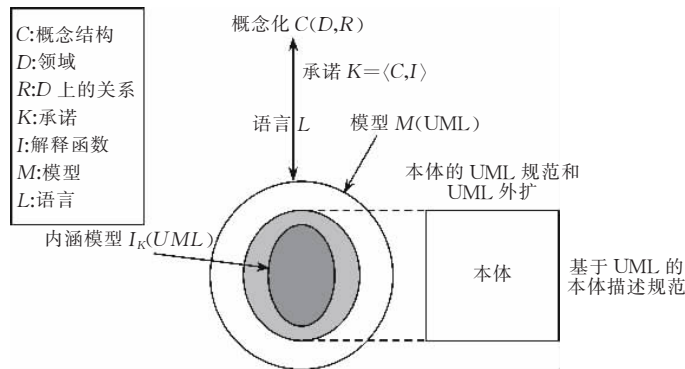


图 2 本体的 UML 承诺

为此,在本体 UML 承诺与表达的研究中,2003 年我们研究并首先提出了本体的 UML Profile, UML Profile for OWL^[20],为本体建模与软件工程中的元建模体系(MOF, UML Metamodel 等)有机融合、系统地形成本体元建模的工程化元计算体系提供了基础.

本体的 UML 承诺中,为了增强本体建模的语义表达能力与建模机制,使本体模型不仅仅表达概念及其之间的关系,而且能够精确地描述构造内容 (Contents) 和语境 (Contexts),我们提倡精确本体 3C (Concepts, Contents, Context) 的 UML 表达.如图 3 所示, UML 概念层中抽象类建模能够表达本

体的概念模型, UML 说明层与实现层中类型建模与类建模能够表达本体的构造内容和语境. 在软件工程的本体对象建模中, 本体对象之间存在的纵向关系有 is-a, Kind-of, Part-of, Member-of 等; 本体对象之间存在的横向关系有: 某个类是另一类的等同集、反集、补集等; 本体对象之间的语义约束关系, 如同等性、交换性、对称性、逆反性、可传递性、有序性; 对象类之间的逻辑关系, 如 caused-by, used-by, interact-with, collaborate-with, supervised-by, writer-by, ... 以上关系在本体 UML 承诺中能够得到映射和表达. 作为对 UML 承诺的评价, 我们认为完全能够利用 UML 在本体规范及其内涵语义上充分地精确地表达本体模型. 事实上, 目前国内外已经出现

大量的成功应用. 如 Open-ediOntologyModel(ISO/IEC/SC32/WG1), MMFI for Ontology Registry(ISO/IEC/SC32/WG2), Newspaperontology 等.

国际 OMG 组织 2004 年开始研究的本体定义元模型 ODM 提出了以 UML 为基础的本体承诺与表达语言体系(DL: Description Logic^[9], OWL(Web Ontology Language(W3C)), RDF: Resource Description Framework(W3C), SCL: Simple Common Logic(ISO), TM: Topic Map(ISO SC34), ER: Entity Relationship)及其各语言元模型之间映射规则, 为本体承诺与表达开拓了广泛的可行途径, 同时也证明了我们的本体 UML 承诺研究的正确性和必要性.

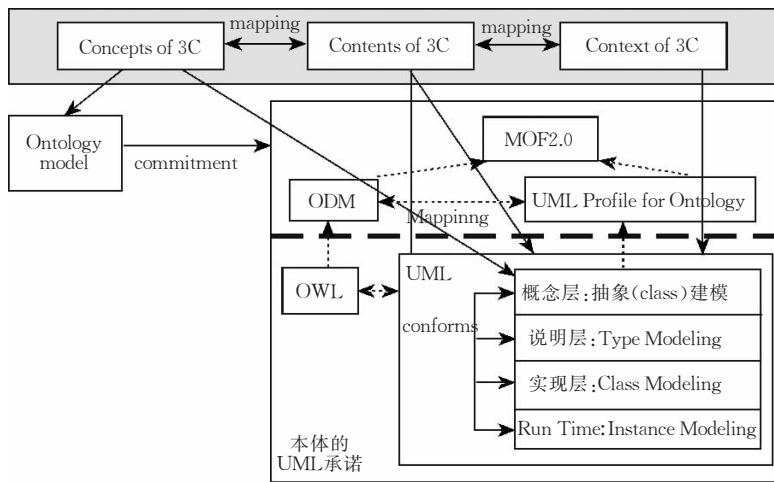


图 3 精确本体(3C)的 UML 表达

3 本体建模中的元机制

本体论是一种元理论. 本体中的元机制对于加强建模能力和软件工程中的元建模相融合, 促进信息资源的语义共享等具有重要作用.

3.1 元本体和领域本体

一般而言, 元本体(meta ontology)描述本体及其本体协调要素的元数据^[10]. 例如, 两个本体之间

的互操作性问题, 如语义转换本体或 RDFT 本体就是元本体, 如图 4^[10]所示. 元本体在本体的进化、本体模型的转换、映射、管理等方面得到广泛的应用.

另一方面, 领域的本体建模^[11]一般包括以下三个层次: (1)基础本体. 独立于领域应用逻辑的基本类型和概念结构; (2)核心(core)本体. 符合上层定义的领域核心概念结构; (3)精确本体. 符合核心本体的精确的领域概念本体, 成功的例子, 如 Word-Net, Cyc 等. 精确本体一般使用 UML 承诺建模. 元

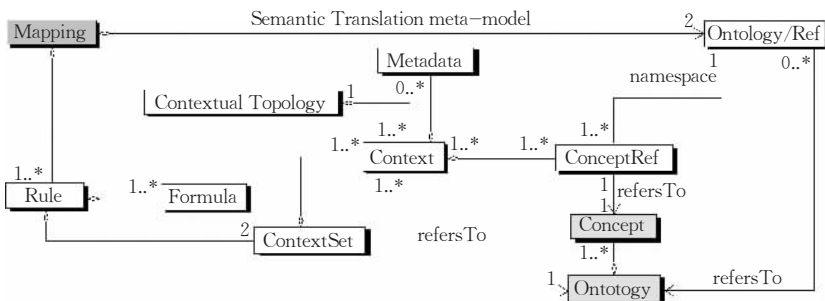


图 4 语义转换的元本体例子

本体能够表达本体建模中公共问题求解的知识,类似于软件模式,领域本体建模中应该尽可能多地引入元本体。

3.2 本体对象模型的元信息引进机制

每个本体对象模型都建立多个抽象类及其元数据。由于本体对象模型之间应用的相互关连,通过泛(化)概念树中的继承关系、聚集和引用关系来重用有关定义和标记,能够提高本体对象模型和元数据的利用效率。因此,我们应该建立本体对象模型中元信息(元模型与元数据)的引进机制:

(1)直接引入某个描述性元信息(元数据、元模型、元本体)及其定义作为自己的概念类;

(2)引入某个描述性元信息定义特定概念类的属性集;

(3)从元模型体系中抽象出本体概念模型的映射规则。

元信息引进机制能够支撑以本体建模为主导的信息系统元模型体系的设计。

3.3 本体属性的元属性及其约束

本体的元属性是本体属性的属性,它揭示了属性之间的继承与约束、依赖等关系,一般具有以下 4 种元属性^[1]。

(1)严格性(rigidity)。一个属性对其所有实例而言是必需的属性,称之为固定属性,反之为非固定属性;

(2)同一性(identity)。一个属性携带同一性条件(identity condition),当且仅当存在一种适当的联系,所有属性的实例可以由这种联系进行标识和再标识;

(3)一致性(unit)。存在一种公共的统一关系,使得属性的所有实例都在这种关系下成为一个内聚的整体;

(4)依赖性(dependency)

+D:若属性 P 的所有实例 x ,都必须在 Q 的某些实例存在的前提下才得以存在,且 Q 的实例不是 P 实例的一部分,则称属性 P 外在地(externally)依赖于属性 Q 。

-D:只有 P 的一部分实例满足 +D 的定义,其余的并不满足。

~D:所有的 P 的实例都不依赖于任何其它实例而存在。例如, PARENT(+D)依赖于 child 实例的存在。

我们使用 OCL 描述本体的元属性约束,例如:

```
context TypeName :: addSubClass(currentClass:
Class,subClass: initialClass) Class
```

```
pre metaPropertyMatch: not (
(currentClass. metaPro="+D"
and initialClass. metaPro ="-D")
(currentClass. metaPro="~D"
and initialClass. metaPro="-D"))
```

4 元建模方法

为实现大粒度复杂信息资源的共享与互操作,元建模作为抽象构造和聚合(聚集与融合)互操作性复杂信息结构的元计算方法,引起了高度重视。为实现互联网上信息资源的高度聚合与深度共享,元模型的元层次体系提供了调节信息资源有序化聚合的深度、聚合度量、信息资源定位的有力手段,对提高信息资源的聚合度,促进互操作与共享,提高服务计算效率具有重要的意义。

本节在论述软件工程中元建模的基础上,主要讨论了元建模体系中元层次的停止问题、元模型特性、模型转换与生成机制。

4.1 元模型的基本概念

所谓“元”(meta)往往与其它名词(例如,计算、建模、模型、语言、数据等)结合使用,表示“超”、“典型”、“基本”等含义,其本身并不单独使用。日常也经常使用“元”的用语,如暗喻(metaphor)、变态(metamorphose)、超逻辑(metalogic)、形而上(metaphysical)、代谢(metabolic)等。信息处理、程序语言、图形学领域、对象建模领域中,也经常使用元语言、元逻辑、元数据、元模型等名词。简言之,所谓元语言是描述语言的语言,元数据是描述数据的数据,元模型是描述模型(语法和语义)的模型。

4.2 元建模体系中元层次的停止准则

所谓“元的层次”,是表示“描述的”与“被描述的”对象间关系的层次,两者之间的关系可以无限地重复,所以,往往需要强制地停止。但是,基于什么准则来确定元的层次?往往也没有绝对的准则。作为实际构成的元层次停止准则,一般来说,要考虑下层对象的描述内容、用户的抽象描述、信息聚合度的需要,我们给出的停止准则有:①泛化型(类型和实现值的泛化层次);②生成与操作规则的表达;③抽象类型的抽象程度;④管理属性;⑤解释描述等。

通过我们的元建模实践,元层次停止问题一般采用以下准则:本体元建模理论中,一般采用准则①泛化型和准则③抽象类型来确定“元的层次”。例如, IRDS (Information Resource Dictionary System /ISO/IEC JTC1 SC32 WG3)采用了准则①“类型和

实现值”强制停止“元的层次”,UML,MOF 也基本上采用了准则①(如表 1 所示);应用领域元建模中,一般采用准则②生成与操作规则;信息资源管理中,一般采用准则④确定信息资源的公共属性抽象的层次.不同的应用对象应该采用与用户需求的元建模目标相适应地选择停止准则.

表 1 MOF 中的“元的层次”例子

层次	描述	例
元元模型 (metametamodel)	元模型的定义	元类、元属性
元模型 (metamodel)	元元模型的示例,模型的定义	类、属性
模型 (model)	描述领域规范,类模型	职工、产品
对象 (object)	模型的示例,信息领域的示例	李文、计算机

4.3 元模型的特性和种类

元建模体系满足结构主义的结构三属性,即整体性、转换性、自身可调整性.因此,元模型中元对象设计特性应该考虑:①元对象给出一个或多个基本对象内部的结构和行为的生成信息,动态管理对应的基本级中对象的界面.元与基本级之间存在着指导 (governing) 关系、反射 (reflective) 关系等;②给出对象类型和实现值的生成规则;③定义的可描述;④自描述性;⑤可逆性;⑥可机器处理;⑦可读性;⑧可扩充性;⑨可转换、可映射性.

根据元模型的作用,元模型一般可以分为以下 7 类:①描述模型定义的基础设施(如,UML 元模型);②描述模型的扩充(如 UML 元模型);③描述模型的多样性(模型的局部变化、进化);④描述模型的综合和变换、映射(如 MDA/OMG);⑤描述公共数据仓库信息的共享、互操作(如 CWM/OMG);⑥描述模型的复杂的并行控制、执行信息;⑦控制系统与动态建模,例如可变更、可适应、可扩充、可伸缩的状态空间、状态转换的应用系统的元模型.

对于应用领域的元模型抽出,我们研究了电子商务、电子政务领域的元模型集.它们对于复杂信息(模型)共享与互操作具有重要的实际应用意义.

4.4 元模型体系中模型转换与生成机制

我们根据不同种类的元模型特性,研究模型转换与生成机制.一般来说,有以下三类机制:

反射模式机制^[12,13].对于元模型类型⑦,为了构造可扩充、可配置、可控制、支持动态建模系统的元模型体系,我们将模型划分为两个级别,即元级和基本级.元级中元对象群是开放的,一个元对象描述一个或多个基本级对象的内部结构和/或行为的生成信息,能够动态地管理对应的基本级中对象的

界面.元对象和基本级对象之间的反射关系可用一个元对象规程 MOP (Meta Object Protocol)^[14] 描述.用户使用 MOP 定义、构造、扩充和变更元对象集.一般而言,在元对象和基本级对象之间,一个 MOP 应该提供以下的交互式规程:(1)能够一对一或一对多地、静态或动态地追加元级对象到一个基本级对象群;(2)提供屏蔽程序的行为、结构、数据、关系信息的手段;(3)通过“截取 (interception) 和求精 (reification)”机制,将元级的计算界面反演为基本级对象的可执行行为;(4)“变更与扩充”行为和结构的元对象集屏蔽基本级中对象行为和结构的变更信息.

指导机制.主要包括三方面内容:即元模型指导基本模型的设计或者说基本模型遵从或符合元模型规范的设计,元模型之间要求互操作性设计;应该给出元模型的语法、语义指导规则,基本模型生成原则与方法;元模型与基本模型之间应该满足语法语义的一致性、无矛盾性,满足模型细化、求精的设计要求.

模型转换与生成机制.模型转换是元建模理论与方法研究、模型驱动的软件开发 MDA (Model Drive Architecture)^[15] 方法的重要研究内容.OMG 提出的 QVT (Query/View/Transformations)^[16] 是模型转换的技术基础,它还可以用来定义 ODM 中元模型间的映射 (mapping).QVT 为元模型体系中模型转换的研究定义了基础元模型和超结构元模型^[17].

作为实用的模型转换技术开发,目前,一些公司针对特定的应用领域和语言(如业务应用领域、EJB,CORBA,JAVA),研究实用的 MDA 模型转换规则,开发相应的转换工具,已经出现了应用产品与市场的曙光.

5 面向服务的本体元建模方法体系

本节提出了本体与元建模相融合的体系结构、服务应用模式 SCDI,论述了拟解决的基础科学问题,即“有序性问题”,拟解决的关键技术问题,即“互操作性问题”.

5.1 本体元建模理论的体系结构

图 5 中间的灰色部分表示了 OMG 的 MOF 元建模设施体系结构,其中,UML Profile 和 UML 元模型提供了 UML 扩展设计的手段;MOF 给出了元元模型,如提供了 UML 元模型的构成元素(元类、元属性、元协调关系)等,又如 OMG 的 XMI (XML

metadata Interchange)规范就是使用 MOF 元元模型、依据这些元模型描述的模型信息(XML形式)进行交换与互操作的规范.图5所示 MOF 的体系结构(M3,M2,M1,M0)中,还定义了 MOF(M3层)对

UML 元模型、IDL 元模型、CWM 元模型(M2层)的指导关系.用户可以使用这些元构成元素,设计各种领域的模型(M1层).

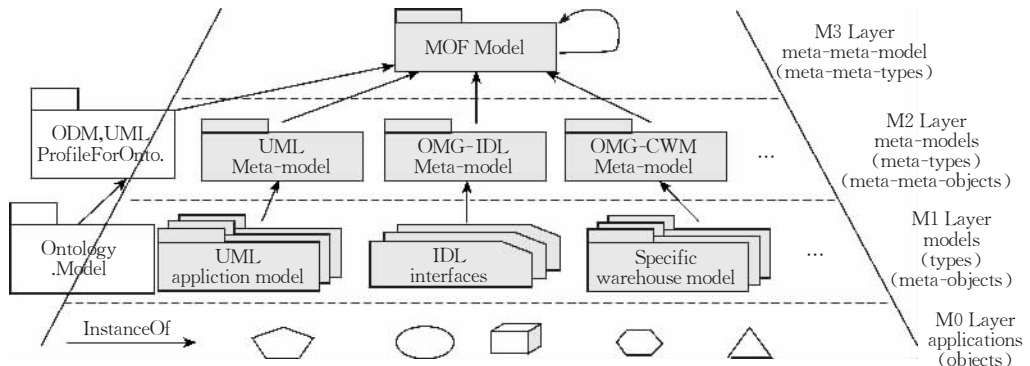


图5 本体元建模的体系结构

2003年我们进行了UML Profile for Ontology研究^[20],2004年OMG开始了本体定义元模型ODM的研究,二者之间存在着映射关系.虽然ODM还在研究中,但是遵从MOF的ODM元模型架构及其中的UML,OWL DL(含SCL)元模型的中心地位已经确定.我们研究确定了本体在MOF元建模设施体系结构中的元地位(位于M2层),给出了如图5(左侧扩充的遵从MOF的本体UML Profile,ODM及其之间的映射包)所示的本体建模和MOF元建模设施相融合的体系结构,为形成本体元建模方法提供了体系化构造基础.

5.2 服务应用模式 SCDI

复杂信息资源的服务计算和一般信息与数据的服务相比,更需要语义服务.我们应用本体元建模理论与方法,2002年开始,研究开发了支撑软构件信息资源注册R(Registry)&存储管理R(Repository)&查询的语义Web服务平台“黄鹤3号”^[18],在平台开发中提出了以用户为中心的复杂信息资源的服务应用模式SCDI(Selection-Concepts-Domain-Instance).

如图6所示,SCDI服务应用模式中,复杂信息资源的语义服务一般经过S-C-D-I的循环过程.

S:用户的查询服务要求、提交本体注册的要求(包括过程本体、静态本体),采用OWL^[19,20]描述;

C:本体语义查询与模型映射,本体注册信息(XML)及本体模型库;

D:领域模型、元模型呈现与定位;元模型与模型信息库;

I:满足用户查询服务要求的实例模型信息及其它相关模型信息.

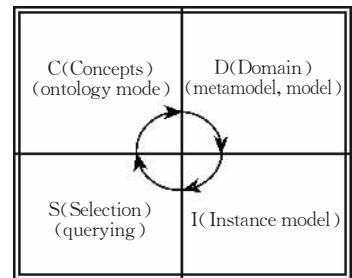


图6 语义服务的应用模式 SCDI

复杂信息资源的SCDI服务应用模式具有本体驱动,基于元建模的模型信息的聚合、定位、分配,用户所需求的实例模型及其相关模型信息的呈现等特点.

为了试验网络信息资源管理与语义服务的SCDI的应用模式,我们应用本体元建模理论与方法,研究了软构件属性本体分类与注册、基于本体元模型的软构件信息资源存储库管理、模型之间的转换和映射、基于静态和动态本体的软构件信息资源查询及其在用户应用系统中的绑定服务的元模型.

本质上,本体元建模方法拟解决的基础科学问题是有序性问题.网上信息资源(特别是复杂信息资源)的管理与服务中,信息资源的混沌与无序成为语义Web服务的主要困难和障碍.本体元建模方法在解决信息资源的有序化本体分类与注册、元建模层次有序化深度聚合、信息资源定位及其存储管理问题上,提供了有力的手段和实现机制.

本体元建模方法拟解决的核心技术问题是互操作性问题.它在信息模型的元级上保证了语法、语义和上下文级的互操作性.研究基于SOA和元模型架构MMFI的服务方法,基于MMFI的信息资源

存储的互操作性管理模式,建设具有互操作性的联邦信息资源库是当前的重要研究课题之一。

6 应用研究

6.1 国际 ISO 标准研究中的应用

我们受国际 ISO SC32 委托,2003 年开始承担了以支撑复杂信息资源聚合的互操作性管理与服务为目标的国际标准 ISO SC32 19763-3 项目.应用本体元建模方法,研究了复杂信息资源的本体分类与注册、存储管理、模型转换和映射等元模型群所组成的互操作性元模型架构 MMFI^[21,22] 和实例.标准主

要包括 4 个组成部分,如图 7 所示. MMFCore;继承了 MOF 中的元类,提供了标准整体的公共基本框架;MMFIforOntology Registry;继承 Core,提供了本体注册元模型框架;MMFIforMapping;继承 Core,使用本体模型,建立了一个模型映射的元模型框架;MMFIforModelingConstructs:提供了一个信息模型构件的元模型框架.

2004 年 10 月,我们向 ISO SC32 WG2 提交了该标准的 2rd-WD 版^[22]研究成果,顺利通过了 2004 年 11 月 ISO SC32 WG2 工作会议(华盛顿)的技术审查.进一步,我们将提交 CD 版级别的标准文本,计划 2005 年 11 月将完成最终 FCD 版标准的研究.

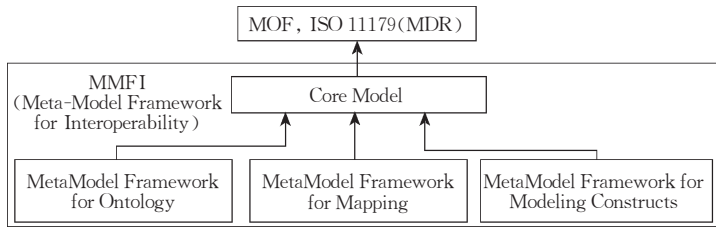


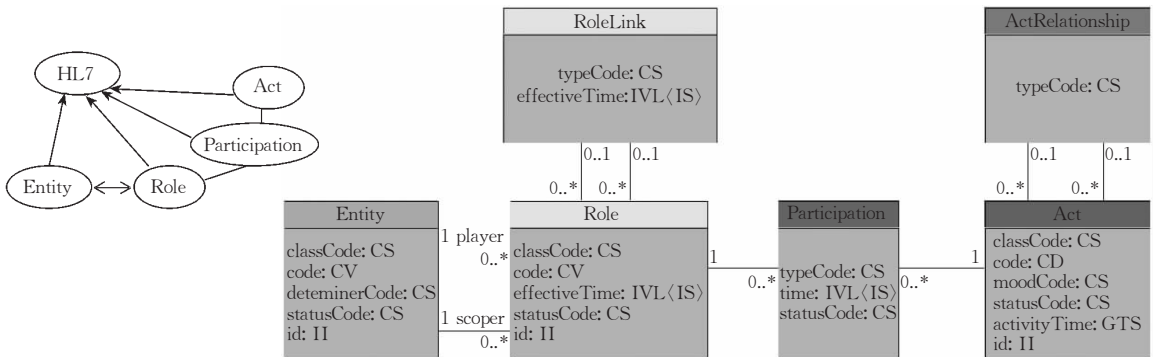
图 7 MMFI 框架体系

6.2 HL7 应用领域本体元模型

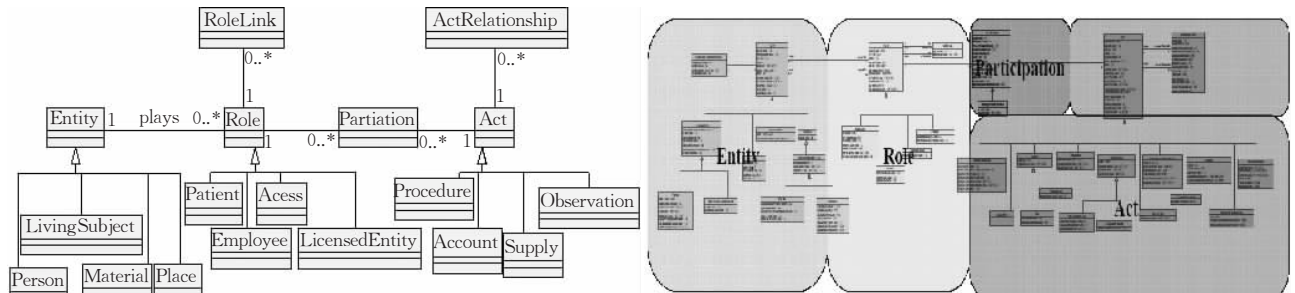
Health Level 7 国际标准的主要目的是解决异构医疗信息系统间的快捷集成,制定和发展各型医疗信息系统间,如临床、银行、保险、管理、行政及检验等业务中各种信息及电子资料交换和通信的技术标准.

(1)HL7 领域基础本体元模型

我们根据文献[23],给出 HL7 基础本体的基本用语、公共类型、概念结构的定义.包括 4 个原始概念:Role,指参加者;Entity,指充当角色的实际事物;Act,指发生的行为;Participation,定义 acts 发生的语境.图 8(a)给出了基础本体模型和 UML 表达结构.



(a) HL7 基础本体与元模型



(b) HL7 核心本体与元模型

图 8 HL7 领域本体与元模型

(2) HL7 领域核心本体元模型

HL7 领域核心本体模型给出了符合 HL7 基础本体的 35 个核心类及其 181 个属性、9 个协调关系、28 个泛化关系的结构规范,如图 8(b)所示。HL7 领域精确本体与元模型规范应该结合 HL7 领域的特点,如 Role 对象细化为医生、病患者、样本;Entity 对象细化为人、组织、设备、病历档案等进行详细化设计。利用该本体元模型规范,能够聚合 HL7 领域中大量的(实例)信息模型资源。

Michel Klein 等在文献[24]中认为,语义 Web 应用程序已成为现实,不久将出现产品。但应用程序都只使用了简单的本体,管理复杂本体的分类和开发,复杂本体的注册和本体库管理,聚合两种或两种以上的异构数据源或信息源,可以推理的、静态与动态(工作流)本体相结合的、开放的、帮助用户完成任务的互操作性服务应用将是今后的挑战性问题之一。

我们认为,本体元建模理论与方法在解决上述复杂信息资源的语义服务计算等挑战性问题,具有明显的科学性和可行性。

7 结论与展望

本文提出了语义服务元计算的本体元建模方法,定义并研究了本体 UML 承诺,提倡了精确本体的 UML 表达,为 UML 本体对象建模提供了理论基础;论述了本体建模中的元机制,给出了元层次停止准则,元模型种类及其模型转换与生成机制,提出了本体建模和 MOF 元模型设施相融合的体系结构,给出了以用户为中心的复杂信息资源服务模式 SCDI,从而为形成本体元建模理论和方法体系提供了构造性基础。介绍了本体元建模在国际 ISO SC32 19763-3 标准研究及软构件资源管理与服务中的应用成果;并且还给出了 HL7 领域本体与元模型例子。

今后,主要的研究与开发工作有:(1)本体进化、本体集成研究;(2)复杂本体开发;(3)本体引擎开发;(4)领域元模型开发;(5)复杂网络环境中信息资源的语义服务计算研究;(6)复杂信息资源有序化聚合构造的度量方法研究;(7)完成国际 ISO SC32 标准的同时,相关国内技术标准的开发与建议。

参 考 文 献

- Guarino Nicola. Understanding, building and using ontologies. A commentary to "using explicit ontologies in KBS development". *International Journal of Human-Computer Studies*, 1997, 46(2/3): 293~310
- Fluit C., Sabou M., Harmelen F.. Ontology-based information visualization. In: *Proceedings of Visualising the Semantic Web (VSW 2002)*, Springer-Verlag, 2002, 546~554
- Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen. Web ontology language: OWL. In: Steffen Staab, Rudi Studer eds.. *Handbook on Ontologies in Information Systems*. Springer-Verlag, 2003, 67~92
- John Poole, Dan Chang, Douglas Tolbert, David Mellor. *Common Warehouse Metamodel Developer's Guide*. New York: Wiley, 2003
- Lewis Daniel M.. Visualization of meta object facility models with human usable graphical notation [Ph. D. dissertation]. Distributed Systems Technology Centre, University of Queensland, 2002
- Martin Fowler. *UML distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language*. New York: Addison-Wesley, 2004
- Nicola Guarino. Formal ontology in information systems. In: *Proceedings of Formal Ontology in Information Systems(FOIS'98)*, Trento, Italy, 1998, 3~15
- Jos Warmer, Anneke Kleppe. *The Object Constraint Language. 2nd Version*. New York: Addison-Wesley, 2003
- Baader Franz, Calvanese Diego *et al.*. *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications*. UK: Cambridge University Press, 2003
- Omelayenko B.. RDF/T: A mapping meta-ontology for business integration. In: *Proceedings of the Workshop on Knowledge Transformation for the Semantic Web (KTSW 2002) at the 15th European Conference on Artificial Intelligence*, Lyon France, 2002, 76~83
- Falbo Ricardo, Guizzardi Giancarlo, Duarte Katia C.. An ontological approach to domain engineering. In: *Proceedings of the 14th International Conference on Software Engineering and Knowledge Engineering*, Ischia, 2002, 351~358
- Buschmann Frank, Meunier Regine *et al.*. *Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns*. Japan: Toppan Publisher, 1999
- He Ke-Qing, He Fei. A constructive state reflective pattern. *Journal of Software*, 2001, 12(8): 1242~1249 (in Chinese)
(何克清,何非. 一个可构造的反演状态模式. *软件学报*, 2001, 12(8): 1242~1249)
- Liu Jin, He Ke-Qing. A MOP based constructive reflective state metamodel. *Wuhan University Journal of Natural Sciences*, 2004, 9(2): 161~166
- Mellor Stephen J., Scott Kendall *et al.*. *MDA Distilled: Principles of Model Driven Architecture*. NY: Addison-Wesley, 2004
- Czarnecki K., Helsen S.. Classification of model transformation approaches. In: *Proceedings of the 2nd OOPSLA Workshop on Generative Techniques in the Context of the Model Driven Architecture*, USA, 2003
- Appukuttan Biju, Tony Clark, Sreedhar Reddy. A pattern

- based model driven approach to model transformations. In: Proceedings of the 1st International Workshop Metamodeling for MDA, York, 2003, 110~127
- 18 Liu Jin, He Ke-Qing, Li Bing, Chen Hao, Liang Peng. A methodology for acquisition of software component attribute ontology. In: Proceeding of the 4th International Conference on Computer and Information Technology (CIT'04), Wuhan, IEEE Computer Society Press, 2004, 1058~1064
- 19 Liu Jin, He Ke-Qing, Li Bing. A model transformation method for owl-s to opd. In: Proceedings of the IASTED International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing (ASC'04), Spain, ACTA Press, 2004, 54~59
- 20 Wang Chong, He Ke-Qing, Liu Jin. Research on ontology modeling based on metamodel of OWL. Journal of Wuhan University, 2004, 50(5): 581~585(in Chinese)
(王 翀, 何克清, 刘 进. 基于 OWL 元模型的本体建模研究. 武汉大学学报(理学版), 2004, 50(5): 581~585)
- 21 Li Bing, He Ke-Qing, Liu Jin, Liang Peng, Peng Rong. Building interoperable software components repository based on MMF. In: Proceedings of the 3rd International Conference on Grid and Cooperative Computing (GCC'04), Wuhan, 2004, 67~74
- 22 He Ke-Qing. Information technology—Framework for meta-model interoperability—Part-3: Metamodel for ontologies (ISO/IEC 19763-3 WD). Switzerland: ISO Press, 2004
- 23 Paterson Grace I., Abidi Syed Sibte Raza, Soroka Steven D., Ginn John L.. Creating a digital case base for medical and health informatics education. In: Proceedings of the 9th International Symposium for Health Information Management Research (iSHIMR'04), Tapton Hall, 2004, 117~125
- 24 Klein Michel C. A., Visser Ubbo. Guest editors' introduction: Semantic Web challenge. IEEE Intelligent Systems, 2004, 19(3): 31~33



HE Ke-Qing, born in 1947, Ph. D., professor, Ph. D. supervisor. His research interests include foundation of software engineering, software infrastructure, software technology standard.

HE Fei, born in 1974, master. His research interests focus on software modeling, MDA method and techniques.

LI Bing, born in 1969, post doctor, associate professor. His research interests includes complex network, se-

mantic Web service.

LIU Jin, born in 1977, Ph. D. candidate, lecturer. His research interests include intelligent software engineering in the Internet, ontology application.

HE Yang-Fan, born in 1979, Ph. D. candidate. Her research interests include ontology and meta-modeling.

LIANG Peng, born in 1978, Ph. D. candidate, lecturer. His research interests include software interoperability and software engineering.

WANG Chong, born in 1981, master candidate. Her research interests include ontology and meta-modeling.

Background

The work described in the paper is a sub-task of the research project "Ontology & Meta Modeling Method for Interoperability Assurance (IA) of Software Component Resource Management" which is supported by the National Natural Science Foundation of China with the contract No. 60373086 and ISO/IEC standardization project "MMFI (Metamodel Framework for Interoperability) for Ontology Registry (ISO-19763-3)" with contract No. 1.32.22.01.03.00, and one of the Ten Key Projects of Technology Industrialization Plan in Wuhan (Wuhan Technology Document No. [2004] 151), "The Software Component Technology for Manufacture Informationization and its Industrialization".

This research project is contributed to solve the interoperability problem and ordering management (classification, registry, and repository) of the complex information resource (such as software component) in the Internet, and to realize the ordering aggregation & fusion of information resource and deep sharing of semantic Web service. This project pro-

poses the ontology & meta-modeling theory and methodology, including the ontological classification of attribute of complex information and registry metamodels, the ontology & metamodel for mapping, transformation and location between information (meta) models and models, the information resource ordering aggregation & fusion and its interoperability and management method of the repository, the semantic Web service based on information resource attribute ontology, the service application pattern for user-centric complex information resource—SCDI, and the interoperability test model and approach. This research develops the open infrastructure and platform for complex information resource management and service, and provides the application paradigm, and submits the ISO-19763-3 standard in 2nd-WD version with corresponding China standard (GB) proposal. The achievement presented in this paper is the fundamental result of this research.