

一种基于扩展 UML 的企业应用软件 PIM 模型

孟凡超¹, 初佃辉¹, 战德臣^{1,2}, 徐晓飞^{1,2}

(1. 哈尔滨工业大学(威海) 企业与服务智能计算研究中心, 山东 威海 264209, mengfanchao74@163.com;

2. 哈尔滨工业大学 企业与服务智能计算研究中心, 哈尔滨 150001)

摘 要: 针对 UML 在企业应用软件建模中可用性差和效率低的问题, 提出一种基于扩展 UML 的企业应用软件 PIM 模型. 通过对企业应用软件特点的分析, 建立了一个以业务对象为中心的多视图集成 PIM 模型, 对 UML 进行扩展, 在它的元模型中增加了描述企业应用软件 PIM 模型中的概念及其之间关系的元类、版型和标记, 并采用包对这些概念和关系进行不同观点的划分. 基于扩展 UML 的企业应用软件 PIM 模型通过业务对象的丰富语义实现了 UML 中各种图之间基于语义的集成, 改善了 UML 的可用性, 提高了企业应用软件的建模效率. 结果表明: 通过实际案例验证了该模型的可行性和有效性.

关键词: 模型驱动的体系结构; 平台独立模型; 企业应用软件; 业务对象

中图分类号: TP311

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2010)05-0791-06

An enterprise software and application PIM model based on extended UML

MENG Fan-chao¹, CHU Dian-hui¹, ZHAN Den-chen^{1,2}, XU Xiao-fei^{1,2}

(1. Research Center of Intelligent Computing for Enterprises & Services, Harbin Institute of Technology at Weihai, Weihai 264209, China, mengfanchao74@163.com; 2. Research Center of Intelligent Computing for Enterprises & Services, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001, China)

Abstract: Aimed at the poor usability and low efficiency of UML modeling for enterprise software and application (ESA), an ESA oriented platform-independent model (ESA-PIM) based on extended UML is proposed to solve the problem. First, an integrated multi-view PIM model based on business objects was constructed by analyzing the characteristics of ESA. Then using the extended mechanism of UML, the new meta-classes, stereotypes and tagged values that describe the concepts and relationships in ESA-PIM were added into UML2.0 meta-model, and they were divided into different viewpoints in the extended UML meta-model. The ESA-PIM proposed in this paper realizes the semantic-based integration between various UML diagrams through the rich-semantic business objects, which improves the usability of UML and enhances the modeling efficiency of ESA. The feasibility and effectiveness of ESA-PIM were verified by an application case.

Key words: model driven architecture; platform-independent model; enterprise software and application; business object

收稿日期: 2009-11-16.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60773064); 国家科技重大专项资助项目(2009ZX01045-001-002-4; 国家高技术研究发展计划资助项目(2007AA01Z128, 2008AA04Z101); 山东省自然科学基金资助项目(2007ZRA10003); 山东省科学技术发展计划基金资助项目(2008GG10004010); 江苏省科学技术发展计划资助项目(BE2009065); 哈尔滨工业大学(威海)校科学研究基金资助项目(HIT(WH)XB200901).

作者简介: 孟凡超(1974—), 男, 博士, 讲师;
战德臣(1965—), 男, 教授, 博士生导师;
徐晓飞(1962—), 男, 教授, 博士生导师.

随着软件技术的发展和软件应用的推广, 企业应用软件(Enterprise Software and Applications, ESA)的规模和复杂度日益增加, 软件开发人员面临着越来越多的来自于业务环境和 IT 实现技术方面的挑战, 迫切地需要解决提高软件开发效率、降低软件成本的问题. OMG^[1] 提出了模型驱动的体系结构(Model Driven Architecture, MDA), MDA 是一种基于形式化模型的系统描述和互操作方法, 它强调在不同层次模型之间的自动的转

换,已经成为近几年软件工程界的研究热点. MDA 将模型划分为:计算无关模型(Computation Independent Model, CIM)、平台独立模型(Platform Independent Model, PIM)、平台相关模型(Platform Specific Model, PSM)和代码(Code)4个层次,PIM 处于4层模型中的承上启下位置,是MDA 的核心.

目前已经出现许多企业应用程序的 PIM 建模方法和语言,例如, CIM-OSA、GRAI、ARIS 和 DEM 等^[2-5]. 然而这些方法主要关注于业务层次的建模,而对于软件建模层次所描述的内容则比较少. OMG^[6]推荐使用 UML 作为 MDA 的标准建模语言. UML 是一种图形化建模语言, UML2.0 版本提供了13种图(Diagram),并通过不同图使用的一个组合来描述特定领域模型. UML 虽然能够描述所有领域的 PIM 模型,但是其自身有一些局限性^[7],从而影响了它在特定领域建模中的角色. 为了改善 UML 的可用性,本文针对 ESA 的特点,提出了一个基于扩展 UML 的企业应用程序 PIM 模型(也称为 ICE-PIM),该模型是 ICEMDA 的一个重要组成部分^[8]. ICE-PIM 基于业务对象的丰富语义实现了 UML 中各种图之间基于语义的集成,改善了 UML 的可用性,提高了 ESA 的建模效率.

1 ICE-PIM 模型

PIM 是由 CIM 映射而来的. 对于 ESA 来说, CIM 是以过程为中心的,以企业的流程优化为目的. PIM 是以 CIM 层中的信息文档及其流程化处理为中心. 如果能够将系统中的每个信息文档的数据结构与数据依赖、将作用在每个信息文档上的操作和活动、将信息文档与信息文档之间的衔接关系分析清楚,便可很好地完成 ESA 的设计^[9]. 而需要分析的这些内容非常适合采用面向对象的方法进行描述,因此 ICE-PIM 采用面向对象的技术进行建模.

ICE-PIM 中的主要对象被称为业务对象(Business Object, BO). 从用户角度而言,BO 是指用户所采集、传递和处理的单据、报表等信息文档,以及在其上的状态处理和操作处理的集成体. 从系统角度,业务对象是指具有独立标识的、具有一定生命周期的、由若干数据集和操作集构成的一个集成对象.

BO 体现了业务数据的集成,将若干相互关联的数据集围绕一个核心数据集集成在一起,以整体的或可关联的方式提供给用户,使用户可以非

常方便地进行业务处理. BO 是有生命周期的,从 BO 建立开始,到 BO 完成使命归入档案为止,体现了完整的生命周期. BO 的操作集(也称为 BO 活动)具有顺序上的衔接关系,BO 之间也存在处理上的衔接关系,这种衔接关系就体现了企业的业务过程(Business Process, BP). 从 BO 角度,BP 就是 BO 活动的衔接关系和 BO 衔接关系的描述,这种衔接关系体现了 ESA 软件围绕 BO 及其处理的集成. 通常情况下,BO 是静态的,而 BP 是动态的. 将 BO 的不同活动,按照用户需要的方式、需要的顺序、需要的衔接关系、需要的控制关系进行动态的组合,就是 BP. 在提出了 BO 后,这种变化可区分为相对稳定的 BO 和可变的 BO 衔接关系,相对稳定的 BO 由业务对象模型来刻画,可变的 BO 则由基于 BO 的工作流模型来刻画.

将业务对象模型中的每个 BO 所包含的数据部分提取出来,并加以细化可以形成系统的数据模型,数据模型可以分为两个层次:基于 BO 关联的全局数据模型和基于实体关系的单个 BO 数据模型. 将工作流模型中的每个 BO 活动的执行角色提取出来,同时建立与企业中相应组织或岗位之间的关联关系,可以建立系统的角色模型. 因此,一个 ICE-PIM 是由业务对象模型、基于 BO 的工作流模型、数据模型和角色模型4部分构成,图1描述了 ICE-PIM 模型的构成要素.

2 基于扩展 UML 的 ICE-PIM 元模型

2.1 ICE-PIM 元模型的结构

MDA 采用了基于元对象设施(MOF)的4层元数据结构,从上到下依次是:M3层(元-元模型)、M2层(元模型)、M1层(模型)和M0层(实例). 在MDA的元模型方法中,有两种构建M2层元模型的方法^[9]:1)利用MOF从语法和语义上构建一个全新的元模型;2)是在UML元模型的基础上,利用UML的扩展机制进行扩充,构建一个基于UML的元模型. 采用方法2既可以利用UML的扩展机制也可以利用UML的固有建模元素来建模领域相关的概念和关系,目前大多数基于UML的MDA工具都支持这种扩展方式,不需要重新开发建模工具,工作量比较小,因此,采用UML的扩展机制来定义ICE-PIM元模型.

在UML元模型的基础上^[10],ICE-PIM元模型增加了新的版型、标记和元类,并采用包来管理这些元素. 为了提供对视点的显示支持,在元模型层次上对ICE-PIM建模中的概念及其之间的关系进行不同视点的划分,其中,每个视点是对ICE-

具有特殊的语义,因此,需要对这些元类所涉及的约束规则进行明确地说明和定义. 本文采用对象约束语言 OCL 来定义这些约束规则.

规则 1 BOCategories 存在于 BusinessObject 和 BOValueType 之间,其中,父类为 BusinessObject,子类为 BOValueType.

Context BOCategories inv:
self. parent. isStereotype (“BusinessObject”) and self. child. isStereotype (“BOValueType”)

规则 2 BOAssociation 存在于两个 BusinessObject 之间.

Context BOAssociation inv:
self. connection -> exists(participant. isStereotyped(BusinessObject)) and
self. connection -> exists(participant. isStereotyped(BusinessObject))

规则 3 KeyRefAssociation 存在于两个 BusinessObject 之间,其中,一个关联端的导航性为 none,另一个关联端的导航性为 ture,两个关联端的聚集性都为 none.

Context KeyRefAssociation inv:
self. connection -> forAll(a, b; participant |
a. isStereotype (“BusinessObject”) and (a.

Aggregation = #none) and (a. isNavigable) and
b. isStereotype (“BusinessObject”) and (b.
Aggregation = #none) and (not b. isNavigable))

规则 4 KeyMutlAttrAssocaition 存在于两个 BusinessObject 之间,两个关联端的聚集性都为 none.

Context KeyRefAssociation inv:
(self. connection -> exists(participant. isStereotyped(BusinessObject) and Aggregation = #none) and
(self. connection -> exists(participant. isStereotyped(BusinessObject) and Aggregation = #none)

规则 5 Integration 存在于两个 BusinessObject 之间,其中,一个关联端的导航性为 none,另一个关联端的导航性为 true,两个关联端的聚集性都为 none.

Context Integration inv:
self. connection -> forAll(a, b; participant |
a. isStereotype (“BusinessObject”) and (a.
Aggregation = #none) and (a. isNavigable) and
b. isStereotype (“BusinessObject”) and (b.
Aggregation = #none) and (not b. isNavigable))

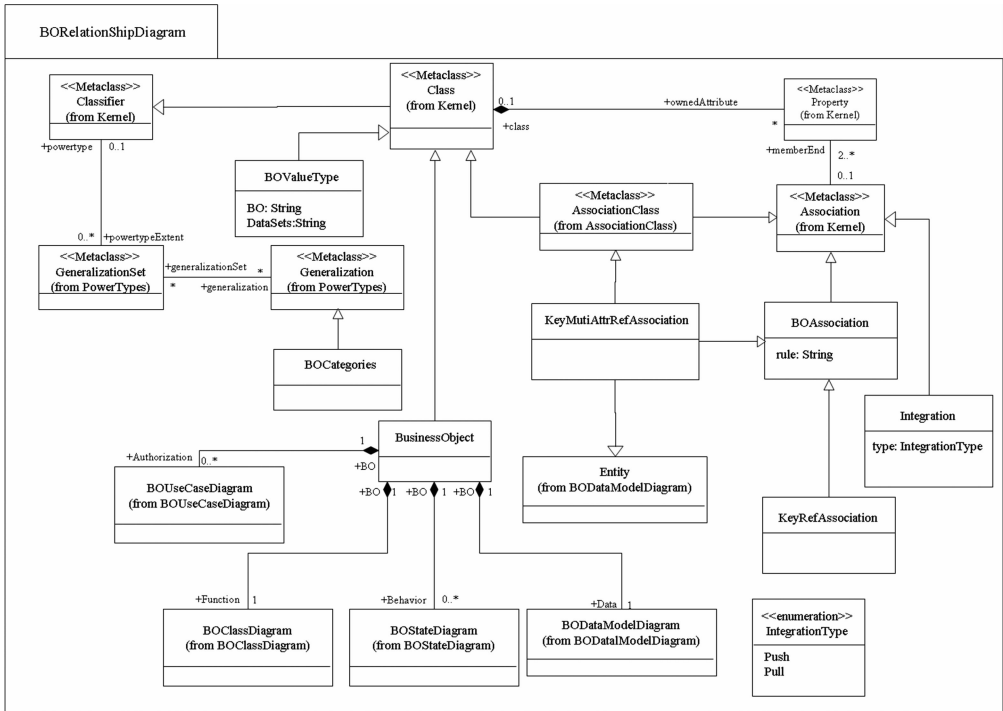


图 3 BO 联系图元模型

2.4 BO 联系图

由于 BO 联系图是采用重型 UML 扩展机制进行定义的,因此,需要在模型层次上定义新的建模符号来描述 BO 联系图. 对于 UML 中的类,目前通用的 UML 建模工具只能够定义其所包含的

行为图(状态图、活动图、顺序图和协作图),而不能定义其所包含的类图和用例图. 为了既能够使用通用 UML 建模工具来建立 BO 联系图,又能够体现基于业务对象集成的思想,本文采用命名规范来表示每个 BusinessObject 所包含的 BO 类图、

BO 状态图和 BO 数据图和 BO 用例图,这样可以进行规范化建模,提高了建模效率. 对于 BO 及其关系,可以采用 UML Profile 来定义. 目前,大多数通用 UML 建模工具都提供了构造型和标记等扩展机制,可以非常容易地进行扩展,不会增加相应

的复杂度. 由于特定领域的建模概念比 UML 中抽象的概念更容易被用户理解,因此,减少了建模的复杂性. 表 1 列出了 BO 联系图中每种元素所对应的构造型和标记.

表 1 BO 联系图中的构造型和标记的定义

业务元素	构造型	基类	标记
业务对象	《BusinessObject》	Class	
业务对象关联	《BOAssocaition》	Assocaition	rule:String
主键引用性关联	《KeyRefAssocaition》	Assocaition	
		AssocaitionClass	
主键多属性关联	《KeyMultiAttrAssocaition》	BOAssocaition	rule:String
		Entity	
集成关系	《Integration》	Assocaition	type:IntegrationType
业务对象值类型	《BOValueType》	Class	condition:String
业务对象分类关系	《BOCategories》	Generalization	
业务对象分类集合	《BOCategorySet》	GeneralizationSet	Attributes:String

3 应用实例

以威海海都食品有限公司的生产计划编制过程为例,来说明采用 BO 联系图来描述业务对象及其之间的关系.

生产计划的编制主要涉及 7 个业务对象:客户申请、销售合同、客户订单、年生产计划、两月生

产计划、周生产计划和生产任务单. 客户订单分为正常订单和紧急订单. 客户申请到客户订单、销售合同到客户订单之间存在拉式集成关系,客户订单到周生产计划存在推式集成关系. 销售合同与客户订单之间存在主键多属性关联. 客户订单与年生产计划之间存在主键引用性关联. 图 4 描述了生产计划的编制的 BO 联系图.

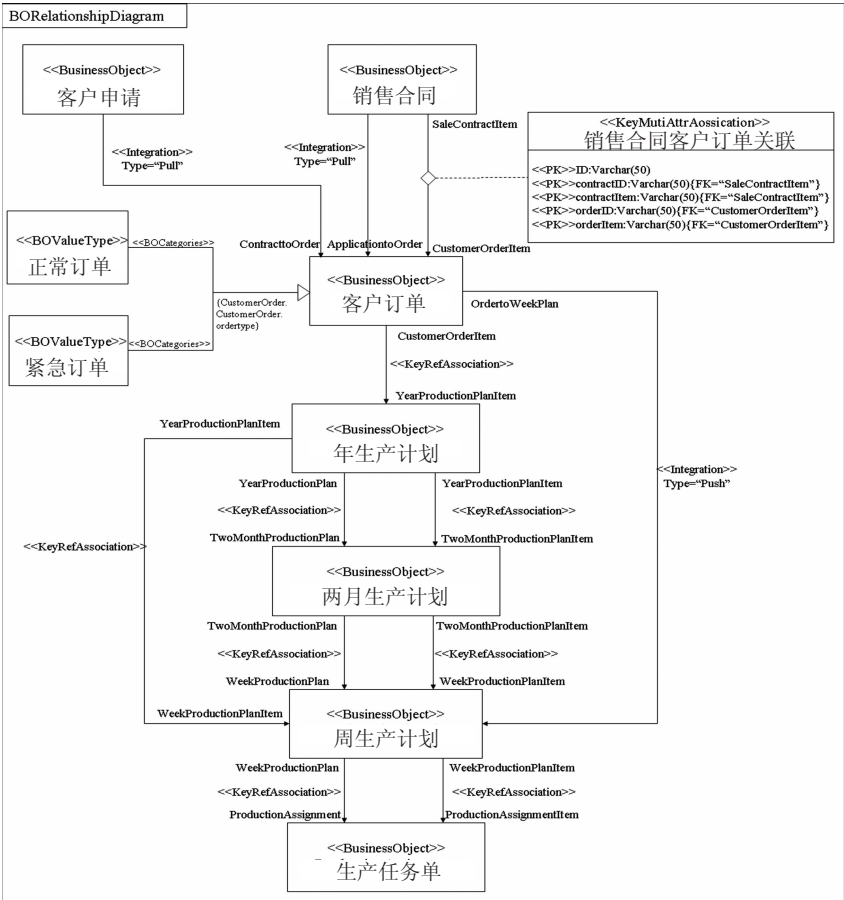


图 4 生产计划编制 BO 联系图

目前,ICE-PIM 已经成功应用于许多 ERP 项目中.实践证明,通过采用 ICE-PIM 建模与基于标准 UML 建模比较,建模效率提高了 40%,程序开发效率提高了 60%.

4 结 论

1) ICE-PIM 模型具有丰富的语义信息,因此,易于企业用户理解和交流;

2) ICE-PIM 模型是一个以业务对象为中心的集成模型,通过业务对象可以将 UML 中的各种 Diagram 显式地集成在一起,从而可以有效地指导用户进行一致化建模;

3) ICE-PIM 元模型是在 UML 元模型的基础上扩展而来的,同时屏蔽了 UML 元模型中与 ESA 建模不相关的内容,从而使得建模者能够更好地关注于业务需求的描述,同时也易于模型扩展.由于 UML 元模型是一个开放的、可扩展的元模型,因此,ICE-PIM 元模型也具有可扩展性,它可以随着领域需求的变化而不断演化.

参考文献:

- [1] SOLEY R M. The OMG Staff Strategy Group[R/OL]. Model Driven Architecture: OMG, White Paper[2000-11]. <http://www.omg.org/mda/papers.htm>.
- [2] DOUMEINGTS G, VALLESPER B, CHEN D. Methodologies for designing CIM system: A survey[J]. Computers in Industry, 1995, 25(3):263-280.
- [3] SCHEER A W. Architecture for integrated information system[C]//WILLIAMS T J. The Purdue Enterprise Reference Architecture. [S.l.]: Computers in Industry, 1994, 24(2/3):141-158.
- [4] WILLIAMS T J. The purdue enterprise reference architecture[J]. Computers in Industry, 1994, 24(2/3):141-158.
- [5] ZACHMAN J. A framework for information systems architecture[J]. IBM Systems Journal, 1987, 26(3):276-292.
- [6] OMG/ORMSC. Model Driven Architecture[R/OL]. OMG Document Ormsc[2001-07-01]. <http://www.omg.org/mda>.
- [7] DAVID S F 著. 应用 MDA[M]. 鲍志云,译. 北京:人民邮电出版社,2003.
- [8] 战德臣,冯锦丹,聂兰顺,等. ICEMDA:一种可互操作可配置可执行的模型驱动体系结构[J]. 电子学报,2008,36(12A):120-127.
- [9] ZHAN Dechen, XU Xiaofei, MENG Fanchao, *et al.* Interoperability Oriented Business Object Model[C]//Proceedings of the 3rd International Conference on Interoperability for Enterprise Software and Applications. London: Spriger, 2007: 459-462.
- [10] OMG. UML Superstructure, V2. 1. 1[R/OL]. Formal[2007-02-05]. <http://www.omg.org/uml>.

(编辑 张 红)