一种面向最终用户的图形建模语言规范

许红霞 张 莉

(北京航空航天大学 计算机学院, 北京 100083)

摘 要: 图形语言形式化描述体系由于需要一定的理论背景而不适于最终用户,为了满足最终用户对领域建模语言进行规范描述的需求,提出了一种可以描述图形语言二维语法结构的语言(EUVDL,End-User Visual Definition Language),分别从设计范型、抽象语法和具体语法 3 个方面考虑了最终用户的支持,并且给出支持最终用户使用的具体设计策略、设计了基于 EUVDL 的图形建模语言环境开发平台. 通过和其他图形语言描述方法的比较以及实例演示,可以看出利用 EUVDL 描述图形建模语言具有语法结构简单、描述能力较强、支持描述重用的特点,适于最终用户使用.

关 键 词: 最终用户描述规范; 二维语法; 图形建模语言; 图形编辑器生成器

中图分类号: TP 311

文献标识码: A **文 章 编 号**: 1001-5965(2006)06-0704-05

End-user specification for diagrammatic model languages

Xu Hongxia Zhang Li

(School of Computer Science and Technology, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: Formal specification of diagrammatic languages is not applicable to end users because of the requisition of computer theory. In order to satisfy the requirement of end users to define their own domain-specific modeling language, a language named EUVDL (end-user visual definition language), was proposed, which could be used to specify the 2-dimensional syntactic structure of diagrammatic model in software engineering. The specification technique of EUVDL combined the object-oriented methods and the rule-based approaches rather than formal specification. The support to end users was provided from following aspects: paradigm, abstract syntax, and concrete syntax. In order to make EUVDL available, the practical strategies for end users were presented and a framework for diagrammatic modeling environment generator was designed. Through comparison to other specification methods and demonstration of an example of visual process model, the conclusion can be drawn out that the specification method has the feature of simple structure, expressive power and reusable ability, and is adapted to end-users.

Key words: end-user specification; 2-dimensional syntactic structure; diagrammatic model languages; diagram editor generator

图形建模是软件工程领域的一项重要技术,图形语言规范的研究可以推动图形建模技术的应用,也是实现图形建模支撑环境自动生成器的基础. 目前图形语言规范大多是基于文法、代数理论或者数理逻辑等形式化体系,针对的用户群体是软件设计人员或系统分析人员. 但是众所周知,建模语言的最终用户是领域专家,他们熟悉领域建模的图符和模型语义,缺乏软件编程经验和计算机理论知识,因此无法根据需求来定制领域建模语言. 在此背景下,本文针对于最终用户,设计了一种可以描述图形建模语言二维语法结构的规范 EUVDL (End-User Visual Definition Language) 及

收稿日期: 2005-07-18

基金项目: 北京市科技新星计划资助项目(H013610270112);新世纪优秀人才支持计划资助项目

作者简介: 许红霞(1971-), 女, 山东文登人, 博士生, xhx_ccl@163.com.

其实现框架,融合了基于面向对象和陈述性规则的设计范型,提供结构化的语法描述,使最终用户可以方便地定义领域图形建模语言、快速生成领域建模语言支撑环境的原型.

1　图形建模语言的描述方法

1.1　研究现状

根据美国 Oregon 州立大学 Burnett 教授提出的可视化程序设计语言分类体系[1],图形建模语言属于图形类表示的可视化程序设计语言,其特点是基于对象-关系的抽象,采用结点和边的表现形式,如 ER 图、Petri 网、数据流图、UML 图等;和字符串语言的主要区别在于多维性,因此,其规范描述必须要支持二维语法结构. 迄今可视化语言描述体系的研究已有 40 多年,出现了许多研究成果,如图文法、关系文法、多重集文法等,文献[2]对有关可视化语言描述和识别的研究做过详细的评述. 这些描述方法需要用户具备形式语言理论、集合论、图论、数理逻辑等知识,不适于最终用户. 由于 UML 的成功应用,另一种描述方法——元模型,在可视化建模领域中也成为一种趋势. 元模型使用自然语言与图形示例相结合的非形式化描述方式,在较高抽象层次上定义了模型的语法和语义,易被最终用户接受,但没有定义模型的图形属性,也没有提供图形交换的标准,因此无法支持不同工具之间以标准方式导出导入图形信息、也无法提供标准方法将更新的图形符号及空间结构和元模型定义的抽象语法结构相关联[3].

国内也有许多相关的研究成果,既包括上下文无关图文法、关系图文法等多维文法的理论成果,也包括一些基于规则或元模型的可视化工具,如北航软件所的 UML designer 和企业过程建模系统(EPMS, Enterprise Process Modeling System)[4-5]、北大青鸟的 JBOO 3.0[6]、楚凡的 plato2005[7],但是未见有可以支持多种图形语言并且最终用户可定制的相关成果.

1.2　EUVDL 的设计目标

根据以上分析,本文提出一种图形建模语言的描述语言 EUVDL,该语言采用非形式化描述方法支持最终用户对领域模型的图形特征、语法结构进行规范描述. 其设计目标是:①最终用户语言:采用非形式文法的描述方法,通过人机交互、引导式编程;②支持多种图形建模结构的描述:提供丰富的二维关系描述,支持不同类型的图形建模;③灵活性:提供高层描述,独立于底层具体的图形平台;④可扩充性:支持用户通过可重用的方式定制语言元素及元素之间的关系.

2　EUVDL 的设计思想和语法规范

2.1　面向对象和基于规则相结合的设计范型

最终用户编程语言研究领域中,有许多是基于规则范型的,如 Perrone. C 的 AgentSheets, Burnett 的 FAR(Formulas and Rules),用户通过提供实体的前置条件和后置条件来定义规则,规则是由逻辑表达式组成的断言. 规则集合描述了目标语言的合法图形结构,甚至动态行为,但是这种范型没有引入层次体系,无法在不同抽象层次进行描述.

面向对象范型的主要特征是支持封装性、继承性和多态性等. 把数据及其操作封装在一起构成对象;对简单对象进行扩充、继承简单对象的特性,从而设计出复杂的对象. 虽然面向对象范型在程序设计语言和软件工程中比较流行,但是很少用于图形建模语言规范中.

EUVDL 采取了基于规则的面向对象设计范型,所有符号都视为一个图符类型,封装了该类型的图形特征、语法结构、约束关系,并且引入符号类型泛化概念,对于具有公共特征的一组类型,定义基类型,派生类型继承了基类型的所有描述,自己特有的描述则是对基类型描述的补充或对应项目的重写. 基类型没有完整的语法描述,只包含了派生类型的公共特征,不能具体实现,是抽象图符类型. 图符原语之间、语言元素之间的约束关系则通过陈述性规则描述. 面向对象和陈述性规则相结合的描述方式,使最终用户可以在较高语言抽象层次上描述目标语言的语法特征,面向对象技术有利于支持描述的重用和扩充,有效地避免了纯规则设计方式的规则冗余问题,短语式的陈述性规则易于理解.

2.2　抽象语法

EUVDL 从图符和图形结构 2 个方面定义图形建模语言的语法规范. 图符定义引入了面向对象的技术,图形结构定义采取扩展的关系元组,取代了传统的、纯数学的一阶逻辑表达形式,通过在关系元组中引用基类型,避免了用多条规则描述相同结构的冗余行为. 其抽象语法如下:

EUVDL 语法结构{

图符类型描述(类型名称,类型标识,图形特征)

where 类型名称 ∈ {结点,连接边}

类型标识 = {领域标识}

图形特征 = (图形原语,图形参数,约束表达

式)

逻辑约束关系描述(二元关系,三元关系)

where 二元关系=(源图符类型,目标图符类型,关系数量范围)

三元关系=(源图符类型,同组关系数量范围,目标图符类型1,类型1关系数量范围,目标图符类型2,类型2关系数量范围)

空间约束关系描述(连接关系,拓扑关系,几何关系)

where 连接关系=(连自,连到)

拓扑关系=(包含,相切,覆盖,未覆盖)

几何关系=(方向,排列)

方向=(北,东北,东,东南,南,西南,西,西北)

排列=(平行,相交)}

首先EUVDL将图符分为结点和连接边2类,定义了若干个通用的图形原语类型,每种原语类型封装了描述图形物理外观的图形属性,基于对原语属性值的约束,可将几个原语组合成一个复合图形对象,譬如UML类图中的类的结构见图1.

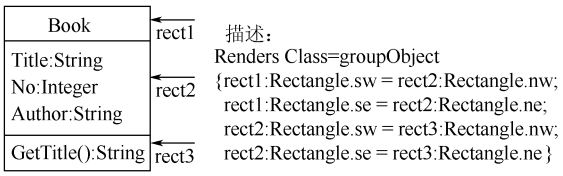

图1 UML类图符的图形结构

其次EUVDL丰富了关系集的定义,包括拓扑、几何、连接3类二维结构关系.不同类型的图形基于不同的关系类型,如数学表达式、NS框图侧重于几何关系,流程图、电路图是基于连接关系,文氏图则是通过拓扑关系表示的,因此EUVDL可以支持多种图形建模语言的描述.

最后EUVDL通过二元关系和三元关系、在语言级别上描述了图符之间的逻辑约束.二元关系是针对于结点型图符,而三元关系则是针对于连接边型图符,如图2所示.



a 二元关系 b 三元关系

图2 UML图例

根据上述的抽象语法,图2a所示的二元关系可以表示为 学院,学科,1…∞ ,表示在一个“学院”实体至少和一个“学科”存在关系,图中可见这种关系表现为空间包含.图2b所示的三元关系可以表示为 关联, 0…∞ ,类, 0…∞ ,类, 0…∞ ,表示伴随着“关联”实体的产生而出现的三元关系,“类”实体上可以连接任意数量的此类关系,并且不限制2个类之间只能存在一个“关联”,其空间约束是连接.

2.3 针对最终用户的具体语法

最终用户在理解和应用上述抽象语法上存在一定难度,因此EUVDL对于抽象语法中的图符类型,采用“可视化图符+属性设置对话框”的表现形式,最终用户可以通过改变缺省的图形属性值来定制领域图符.对于语法规则,采用模板引导定义的方式,具体实现包括2个区域:图符面板区和规则编辑区.图符面板区包含了所有已定义的图符类型,用户通过drag-and-drop的操作方式在规则定义中使用这些图符类型;在规则编辑区按照约束关系的抽象语法,定义了规则模板.最终用户通过和对话框的人机交互,依次填写或选择源图符、目标图符,并定义关系数目的最大值和最小值,然后根据预定义的几种几何约束类型,描述源图符和目标图符的空间位置.因此最终用户按照模板定义的样式进行操作就可以正确地定义规则,再对模板进行“克隆”,就可制定不同的规则,无需软件编程.

3 基于EUVDL的图形编辑器生成器

为实现EUVDL,在北航软件所开发的结构化图形编辑器生成工具的基础上[5],设计了图形建模语言编辑器生成器,见图3.生成器框架主要包括3部分:图符编辑、语法规则编辑、语义接口和编辑器定制.图符编辑支持最终用户通过编辑图符属性来定制领域图符,通过编辑组合规则来生成组合图符;规则编辑使最终用户通过利用规则模板来定义图符之间的约束规则,也就是领域图形建模语言的语法;然后载入语义信息和图形建模语言编辑器的定制信息,最后生成目标图形建

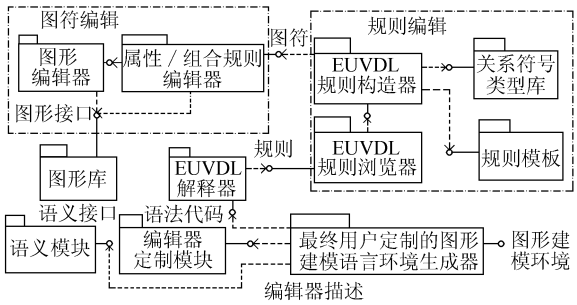

图3 基于EUVDL的图形编辑器生成器框架

模环境. 该框架降低了图符定义、语法描述、语义扩展、编辑器定制等功能模块的耦合度,独立于底层图形开发平台,便于领域图形建模语言的扩展.

4　实例和相关成果分析

4.1　EUVDL 的应用实例

为了说明如何用 EUVDL 描述图形建模语言,本节以北京航空航天大学软件工程研究所定义的可视化过程建模语言 VPML(Visual Process Modeling Language)为例,阐述 EUVDL 的应用. 受篇幅限制,本文只对 VPML 的部分图符进行描述,它们是活动、产品和连接. 其中活动包括自动活动、人工活动、自动批处理活动、人工批处理活动,产品包括文档、制品、消息和其它产品,连接包括数据流连接和引用连接,这些图符的合法连接规则如下:①从产品到活动任意数目的输入数据流连接;②从活动到产品任意数目的输出数据流连接;③从产品到活动任意数目的引用连接.

图 4 是使用以上图符建立的一个模型,显然 VPML 模型是一种基于连接关系的过程模型图. 在用 EUVDL 对 VPML 进行描述之前,首先分析其语言特点:4 种不同类型的活动除了图符外观不同,语法连接规则都一致,4 类产品也是如此,因此可以引入基类型,使 EUVDL 的描述简化.

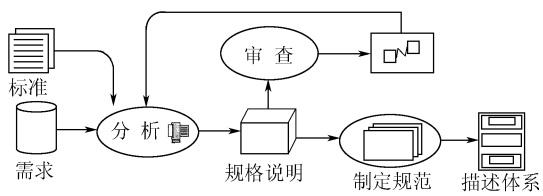

图 4　VPML 模型实例

下面是通过定义模板引导最终用户对 VPML 进行可视化定义后得到的文本输出.

```
// 活动、产品结点基类型的定义,包括类型名称、图标类型和图形属性 //
begin NODE _ CLASSES
node class AbstractActivity
    (render LabelIcon: DefaultSizeX 100, DefaultSizeY 50, TextPosition center)
node class AbstractProduct
    (render LabelIcon: DefaultSizeX 50, DefaultSizeY 100, TextPosition bottom)
end
// 不同活动、产品结点实例类型的定义,包括其所泛化的基类型名称、图标标识 //
begin NODE _ TYPES
  node type activity:AbstractActivity
    (render LabelIcon:identifier TaskIcon )
  node type autoactivity:AbstractActivity
    (render LabelIcon: identifier AutotaskIcon )
  node type batchactivity:AbstractActivity
    (render LabelIcon: identifier Batchtaskicon)
  node type autobatchactivity:AbstractActivity
    (render LabelIcon: identifier AutobatchtaskIcon)
  node type artifact:AbstractProduct
    (render LabelIcon:identifier ArtifactIcon)
  node type document:AbstractProduct
    (render LabelIcon: identifier DocumentIcon)
  node type message:AbstractProduct
    (render LabelIcon: identifier MessageIcon)
  node type folder:AbstractProduct
    (render LabelIcon: identifier FolderIcon)
end
// 连接边实例类型的定义,包括类型名称、图标类型、图标标识、图形属性 //
begin EDGE _ TYPES
  edge type dataflow(render PolyLine:identifier dataflowline, arrow TRUE, linekine SolidLine, direction forword)
  edge type reference(render PolyLine: identifier referenceline, arrow TRUE, linekine DashLine, direction forword)
end
// 各类型之间逻辑连接关系的定义 ,包括源、目的结点类型、连接边类型、数量、关系描述//
begin RELATIONS
  dataflow,0…1, AbstractProduct,0…∞, AbstractActivity, 0…∞
    pointsfrom(dataflow,AbstractProduct)
    pointsto(dataflow,AbstractActivity)
  dataflow,0…1, AbstractActivity,0…∞, AbstractProduct, 0…∞
    pointsfrom(dataflow, AbstractActivity)
    pointsto(dataflow, AbstractProduct)
  reference,0…1, AbstractProduct,0…∞, AbstractActivity, 0…∞
    pointsfrom(reference,AbstractProduct)
    pointsto(reference,AbstractActivity)
end
```

4.2 EUVDL 和相关成果的对比分析

EUVDL 是一种用于二维图形建模语言规范描述的最终用户语言. 虽然目前有不少最终用户编程语言,但大多是用于游戏软件设计、机器人控制、电子商务等领域,二维图形语言的描述方法多数是基于文法或图形重写方式,需要有形式语言和数学理论的背景,是针对开发人员,而不是最终用户. EUVDL 采用非形式化描述,支持最终用户参与到目标图形建模语言的规范描述中,EUVDL 虽然是针对最终用户的,但是并不意味着描述能力弱,原因如下:①可以描述图形语言的抽象语法结构和具体空间结构,补偿了元模型无法描述图形信息的不足之处. 丰富了关系描述,支持不同的图形表示;②支持二元关系和三元关系的描述,具有一定的上下文相关的描述能力;③通过关系数量范围的描述,支持多重图结构语言的描述;④通过设置图形属性和约束规则支持定制领域图符.

表 1 分别将国内外一些有代表性的研究成果和 EUVDL 进行了对比分析,主要针对以下几个方面:设计范型、描述方法、图形符号、空间约束、逻辑约束、描述方式、描述能力.

表 1 当前视化语言的描述语言和方法

特性	EUVDL	CMG	RGG[8]	GenGEd[9]	ECL[5]	关系图文法[10]
设计范型	面向对象+基于规则	基于约束	基于规则	基于规则	基于约束规则	
描述方法	结构化的陈述性规则	属性多重集合文法	上下文相关图文法	代数+图文法	平面性的陈述性规则	基于关系图的上下文无关文法
图形符号	原语图符+复合图符	原语图符	基本图符,用户可定制	原语图符+复合图符	原语图符	原语符号
空间约束	简单的一阶空间关系谓词公式	未区分,用符号属性的约束表达式来描述,多元关系	未区分,用结点边标识图来描述关系,上下文元素和嵌入规则补充	代数方式	图符外观和位置参数设置	未区分,定义所有二元关系连接
逻辑约束	二元/三元关系+数量范围			属性图文法	二元关系+数量范围	
描述方式	可视化+文本	文本	图形+文本	文本+图形	文本	文本
描述能力	有向无环图、多重图	有向无环图	连通图	连通图	有向无环图	规范关系图

5 结 论

本文从设计范型、语法规范、最终用户支持设计策略等方面介绍了笔者设计的一种描述语言 EUVDL,该语言用于描述图式建模语言的二维图形结构和语法结构,其特点可以概括如下:①语法简单、易懂,最终用户(譬如建模工程师)不需学习形式语言和程序设计就可进行建模语言元语言的设计;②引入了面向对象中的图符类型泛化,既简化了描述,又提高了其可重用性;③提供多种二维空间约束关系的定义,以及二元关系和三元关系描述的支持,可用于描述多种不同的图形过程建模语言;④通过提供可视化和文本说明相结合、模板引导式设计规则的机制,支持最终用户对 EUVDL 的理解和使用.

参考文献(References)

[1] Burnett M, Baker M. A classification system for visual programming languages [J]. Journal of Visual Languages and Computing, 1994, 5: 287-300

[2] Marriott K, Meyer B. Visual language theory [M]. Berlin: Springer, 1998: 5-85

[3] David Frankel S. 应用 MDA[M]. 鲍志云译. 北京:人民邮电出版社, 2003
David Frankel S. Model driven architecture: applying MDA to enterprise computing[M]. Translated by Bao Zhiyun. Beijing: Posts & Telecom Press, 2003(in Chinese)

[4] 张莉,葛科,王云,等. UML 软件开发过程和支持环境研究[J]. 北京航空航天大学学报, 1998, 24(4):407-410
Zhang Li, Ge Ke, Wang Yun, et al. Research on UML software development process and support environment[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 1998, 24(4):407-410(in Chinese)

[5] 王雷, 周宇辰, 高仲仪, 等. 集成化过程工程环境及其体系结构[J]. 北京航空航天大学学报, 1998, 24(4):422-425
Wang Lei, Zhou Yuchen, Gao Zhongyi, et al. Integrated process engineering environment and its architecture[J]. Journal of Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 1998, 24(4): 422-425(in Chinese)

[6] 青鸟面向对象的软件系统建模工具 JBOO V3.0[EB/OL]. 2005-02-12/2005-07-05. http://www.beidasoft.com/jboo/index.htm

[7] UML 建模专家 Trufun Plato[EB/OL]. 2005-05-25/2005-07-05. http://www.trufun.net/product_plato.asp

[8] Zhang Daqian, Zhang Kang. Reserved graph grammar: a specification tool for diagrammatic VPLs[C]//Proceedings of 13th IEEE Symposium on Visual Languages. Washington: IEEE Computer Society Press, 1997: 284-291

[9] Bardohl R, Schultzke T, Taentzer G. Visual language parsing in GenGEd[C]//Electronic Notes in Theoretical Computer Science. Amsterdam: Elsevier, 2001, 50(3): 289-294

[10] 方林,谢立. 关系图文法及其应用[J]. 软件学报, 1997, 8(2):87-92
Fang Lin, Xie Li. Relation graph grammar and its application [J]. Journal of Software, 1997, 8(2):87-92 (in Chinese)

(责任编辑:文丽芳)