

基于需求驱动的虚拟仪器软件自动生成构架

范永开^{1,2},林君²,孙天泽¹,隋阳轶²

(1. 清华大学 计算中心 北京 100084; 2. 吉林大学 仪器科学与电气工程学院, 长春 130026)

摘要:为消除当前图形化虚拟仪器软件开发过程中要求使用者具备软件设计能力的问题,研究了一种虚拟仪器软件自动生成的构架。此构架以用户需求为驱动,以行业类软件中功能的模块化为基础,建立功能集中的模块集及模块之间的关系,通过分析使用者对虚拟仪器软件的直接需求来消除当前图形化虚拟仪器软件开发过程中的设计环节,从而实现软件在需求分析基础上的自动化生成过程。最后通过软件开发平台验证了软件自动生成构架的可行性。

关键词:计算机软件;需求驱动;虚拟仪器;软件自动生成;模块化;模块关系

中图分类号:TP311.52 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-5497(2007)03-0606-05

Requirement-driven virtual instrument software automatic generation framework

Fan Yong-kai^{1,2}, Lin Jun², Sun Tian-ze¹, Sui Yang-yi²

(1. Computer and Information Management Center, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. College of Instrument Science and Electronic Engineering, Jilin University, Changchun 130026, China)

Abstract: A virtual instrument software automatic generation framework is developed. This framework eliminates the demand for users to possess the capability of software design in developing virtual instrument software. It is based on the modules of virtual instrument software functions and is driven by users' requirements. The functional module sets and the relationship among modules are established. By analyzing the user demand for virtual instrument software, the design process is dispelled in developing software under current graphic development environment. The feasibility of the framework is verified on a self developed software platform.

Key words: computer software; requirement driven; virtual instrument; software automatic generation; modularization; module relationship

虚拟仪器是科学仪器领域的一个重要方向^[1,2],组成虚拟仪器的核心与关键部分是虚拟仪器软件。NI(National Instrument)提出的“软件即仪器”(Software is Instrument)形象地概述了软件在虚拟仪器中的重要作用。目前基于图形化的软件开发方式是虚拟仪器软件开发的主流。图形化开发方式结合了数据流图的直观和文本高

级语言的描述功能,其本质是采用图标来代表某一功能、图标之间的连线代表数据流向的方式来实现对真实仪器功能的虚拟^[3-5]。随着计算机技术的不断进步,图形化的开发方式以其便捷直观的特点为本类行业应用软件的开发设计提供一条捷径。同时,行业类软件的零编程实现甚至应用软件的自动生成趋势^[6-8],使行业类软件正向一

收稿日期:2006-05-20.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(400127003).

作者简介:范永开(1979-),男,博士,研究方向:软件工程,软件自动化. E-mail:fyk@cic.tsinghua.edu.cn

通讯联系人:林君(1955-),男,教授,博士生导师. 研究方向:智能仪器,地下信息探测. E-mail:lin_jun@jlu.edu.cn

个实现简单,设计方便的方向发展。然而,当前的图形化开发平台在开发过程中无法避免要求使用者具备专业的软件设计能力,如设计环节体现在对代表功能的图标进行组装搭配和连线设置各个功能模块之间的数据流向;控制环节体现在对程序运行时的控制设计。

为消除图形化开发平台对非专业人士使用时的专业能力的要求,作者提出一种基于用户需求的虚拟仪器软件自动生成构架,在此构架的基础上,通过软件自动生成的方式来生成虚拟仪器软件,实现虚拟仪器软件的零编程。

1 虚拟仪器软件自动生成

1.1 软件自动生成

软件自动生成是提高软件生产效率的关键途径之一,是软件自动化的表现形式。软件自动化的途径主要有演绎综合法、程序转换法、归纳法和过程实现^[7-10]。在实际应用中,常常把上述方法按某种途径结合起来。按不同的结合方法,软件自动生成的方法又分为形式化法、可执行的规格说明、程序变换、应用程序生成器、第四代语言等。其中应用程序生成器的实现是通过分析所适用的问题领域的共性和个性,把在编码上具有共性的模块作为静态模块,以标准件的形式放在模块库中,而把编码上具有个性的模块作为动态模块,然后根据一定的连接机制,将静态模块和动态模块连接成为一个应用的整体^[7-10]。

软件自动生成利用分散的信息,从描述行为的例子中找出规律,并利用本领域知识,选择编程方法,构造特定的程序,自动生成软件,从而使不熟悉程序设计语言的用户只要以一定的规律提出想要解决的问题和所要达到的目标,就可以生成一个较为满意的程序。但由于软件自动生成涉及的范围太广,因此许多软件开发者都只在本领域寻求自动生成的方法。

1.2 虚拟仪器软件自动生成

针对虚拟仪器软件的自动生成,作者以软件自动生成方法中的应用程序生成器为指导思想,结合虚拟仪器软件的一些特点,提出了虚拟仪器软件自动生成的思想。此思想主要是通过对一些所用的功能进行模块化的封装,然后根据需要来实现软件模块的拼装组合,从而形成不同类型的软件。软件自动生成是站在面向普通用户而非专业程序员的角度来提供的一种软件开发方式。

虚拟仪器软件自动生成思想是把源码级的功能代码或函数封装成实现某一功能的类,这一过程称为模块化。模块化的过程是对虚拟仪器所需功能的分类与细化。通过模块化处理,把组成虚拟仪器的功能模块划分为4大类:数据获取类、数据显示类、数据存储类和数据处理类。每一个大类下根据特性的不同或者功能上的差异再进行更细的划分。在实现虚拟仪器软件自动生成这种思想时,所有的功能模块在屏幕上均以图标的方式来体现,当使用者进行软件的开发时,依据其所想完成的功能,适当选择代表功能模块的图标,通过程序的自动生成机制来实现功能模块的拼接,最终自动生成满足需求的应用程序。

1.3 虚拟仪器软件自动生成原理

虚拟仪器软件自动生成在虚拟仪器功能模块化的基础上,由模块库、软件自动生成系统、更新子系统、生成规则库组成。

(1)模块库。用于存放具备一定功能的模块集,这些模块可以是函数,也可以是为实现一定功能的源码,但必须是具备对外接口的并且已经封装好的可方便调用的类。这些接口应该是标准化的,为外界所知的。模块内部的实现对外可以是非透明的。

(2)软件自动生成系统。该系统根据外界的信息(即需求),搜索模块库,选择对应的功能模块,根据生成规则来完成各个模块之间的连接,实现各个模块之间的协调工作。同时有错误纠正、编辑和验证功能。

(3)更新子系统。是对模块库与生成规则库进行更新的交互方法。对模块集中的模块进行扩充、修改、添加等更新操作,以使功能模块能够满足需求。同时,也对生成规则不断调整、修改、增删,以逐步提供最优化的生成策略。

(4)生成规则库。提供模块之间的默认连接机制,以及模块之间的相互关系推理机制,为软件自动生成系统提供一个决策支持功能,它包括由许多规则组成的知识库以及模块匹配的推理机制。

2 需求驱动

2.1 需求驱动式软件的生成

需求驱动是指软件的生成依据于用户需求的分析结果。用户的需求分析是软件的核心,也是软件开发过程中的核心步骤之一。需求驱动软件

的生成图如图1所示。用户需求是软件进行设计开发的基础依据和信息源头,以用户的需求为出发点生成的软件也应该是最能直接地、真实地体现用户期望的软件。

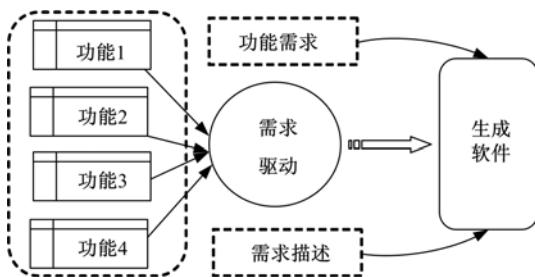


图1 需求驱动示意图

Fig. 1 Requirement driven

需求驱动式软件的自动生成是为普通用户而准备的,以克服目前图形化虚拟仪器的开发系统中往往要求用户具备工程师级的硬件掌握理解能力或程序员级的软件设计能力。以需求驱动的方式生成虚拟仪器软件既不需要用户像程序员一样学习复杂的语言编程,也不需要用户了解很多关于仪器的内部构造、工作原理等,用户只需要进行简单功能性需求描述即可生成虚拟仪器软件。

2.2 需求描述

对于虚拟仪器软件而言,用户的需求都是指功能性的描述,这种描述提供的方式分为文本性的描述与指明性的描述。

文本性的描述指用户通过文字或文档的方式来说说明希望虚拟仪器软件达到什么样的功能等。这是一种比较模糊的需求描述方式,有时需要在软件自动生成时进行明确化的处理工作。

指明性的需求描述是指用户通过图形(图标)的方式来指明期望生成的虚拟仪器软件所具备的功能(如选择一定的代表功能模块的图标),这种需求描述方式是一种明确性的,不需要进行专门的功能明确化处理。

无论是文本性的描述还是指明性的描述,都需要经过需求分析才能生成虚拟仪器软件。

2.3 需求分析

需求分析的主要目标是构成虚拟仪器软件的功能模块,它是对需求描述的进一步细化与提炼。需求分析首先解析需求描述,通过解析来建立最终实现软件目标的模型。在需求分析过程中,会出现功能需求与非功能需求两种分析结果。功能

需求是指在软件目标模型中可以将它转换为具体的功能模块。而非功能需求是指不可以把它转化为具体的功能模块,是一种对软件目标的辅助性描述。一般而言,对于非功能需求描述需要向功能需求进行转换,如果到最后非功能需求在实现过程中无法转换为明确的功能需求,就认为非功能需求的描述得到满足。自动生成的软件目标是基于需求分析的结果的、是需求描述进行需求分析的结果与最终实现的目标之间的动态关系。该动态关系的过程图如图2所示。

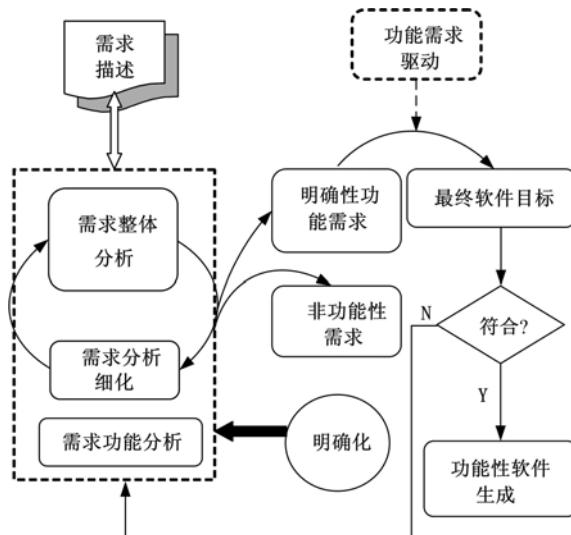


图2 需求分析与最终实现的软件目标之间的动态关系图

Fig. 2 The Dynamic relation chart of requirement analyses and software

3 需求驱动式虚拟仪器软件生成

3.1 基于需求驱动的虚拟仪器软件自动生成

基于需求驱动的虚拟仪器软件自动生成是集软件自动生成、需求驱动、数据流三者于一体的产物,它虽然来源于数据流模型中数据驱动运行的思想,但与之不完全相同。如数据流模型具有自然的并行性,而基于需求驱动的软件自动生成并不能具备并行执行的能力,因为它是基于非并行式计算机的操作系统而设计的;再如数据流模型是直接数据流驱动,而基于需求驱动的软件自动生成中的模块虽然可以类比于数据流模型的节点,但模块的执行依赖于消息和数据两个信息实体,不单纯地只依赖于数据流。软件自动生成是基于消息机制的程序运行模型。基于需求驱动的软件自动生成借助于数据流模型的思想,通过对

需求描述的分析,产生明确的功能模块,利用模块库与生成规则库实现功能模块的选择与运行组织,使得数据流在不同的模块之间进行流动,数据流入与流出的顺序关系决定模块的执行顺序,即体现了模块之间的相互启动依从关系。

3.2 基于需求驱动的软件自动生成构架

基于需求驱动的虚拟仪器软件自动生成模型集中体现了软件自动生成思想、需求驱动、数据流与最终虚拟仪器软件的动态关系,其结构如图3所示。

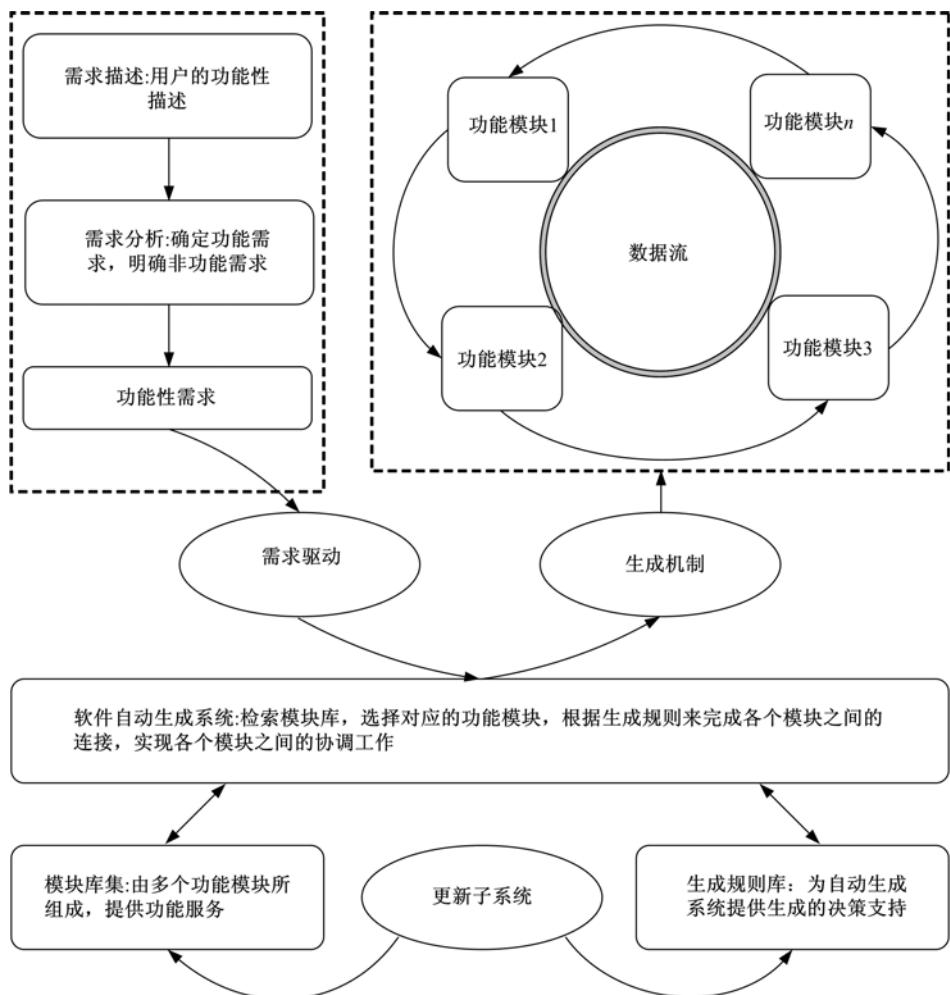


图3 基于需求驱动的虚拟仪器软件自动生成构架

Fig. 3 The framework of software automatic generation based on requirements

4 生成测试

此构架已在自主开发的图形化虚拟仪器软件自动生成平台^[11,12]上得以实现。参考文献[12]为实现此构架的模块与模块关系的推理论述。在此平台中,针对电子测试类虚拟仪器将软件划分为最基本的四大类功能块:数据的采集;数据的显示;数据的存储;数据的处理,分别用G,D,S,P来表示四类父模块。图4所示为在此开发平台上,采用文本的需求描述方式由虚拟仪器软件自动生成平台形成的具有三维显示效果的显波器。同时,非专业人士可以在此平台上,根据需求选择不同功能模块,由平台自动生成一些电子测试类

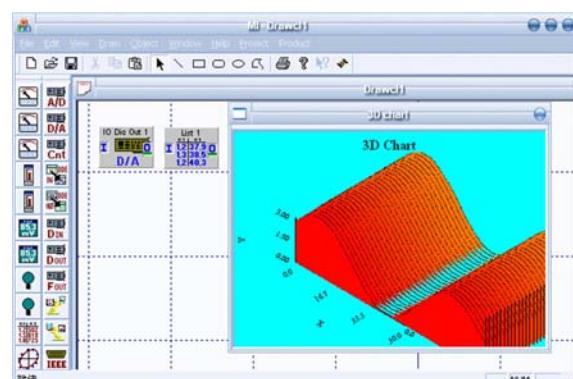


图4 图形化虚拟仪器软件自动生成平台

Fig. 4 Virtual instrument software auto generation platform

虚拟仪器软件。

目前只可生成一些简单的电子测量类的虚拟仪器,整个图形化虚拟仪器软件自动生成平台在软件的生成方法、性能、功能上还需要进一步研究改进。

5 结 论

提出了基于需求驱动的虚拟仪器软件自动生成构架,以此消除了现有图形化开发环境下使用者不得不参与到程序的设计这一环节。该构架在自主开发的虚拟仪器软件程序自动生成平台上得到实现。可为软件自动生成提供一种参考方法。此软件自动生成构架有以下优点:

(1)直接以使用者对所要开发的软件需求描述信息为软件生成的最直接出发点,自动生成软件,使得普通使用者从繁杂的软件设计过程中解脱出来。

(2)此构架按照流水线作业的方式(即按照模块的选择顺序)来自动生成软件,与人类的思维过程相似。即按照流水线的方式来自动组配模块,判断模块的匹配度,最终生成程序。

(3)此构架以生成规则库作为自动生成软件的决策机制,可以根据实际使用过程中的情况,调整生成规则。

参考文献:

- [1] McGarry N. The move to virtual instrumentation [J]. Electronic Products, 2003, 46(2): 33-34.
- [2] Goldberg H. What is virtual instrumentation? [J]. IEEE Instrumentation and Measurement Magazine, 2000, 3(4): 10-13.
- [3] Williams T. Graphical tools speed instrumentation software development [J]. Computer Design, 1996, 35 (4): 6-12.
- [4] Horan S, Wang R. Design of a space channel simulator using virtual instrumentation software [J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2002, 51(5): 912-917.
- [5] Wahidaburu R S D, Panneer Selvam M A, Udaya Kumar K. Virtual instrumentation with graphical programming for enhanced detection & monitoring of partial discharges[J]. IEEE, Piscataway, NJ, USA, Rosemont, IL, USA, 1997:291-296.
- [6] Orehek M, Robl C, Farber G. Model-based design of an ECU with data- and event-driven parts using auto code generation[Z]. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Seoul, 2001: 1346-1351.
- [7] Denney E, Fischer B, Schumann J. Using automated theorem provers to certify auto-generated aerospace software[M]. Springer Verlag, Heidelberg, D-69121, Germany, Cork, Ireland, 2004:198-212.
- [8] Wasikowski J L, Colgren R D. Developments in automatic code generation and applications to flight control systems[M]. Society of Flight Test Engineers. Lancaster, CA 93534, United States, Wichita, KS, United States, 2004, 121-130.
- [9] 徐家福, 吕建. 软件自动化[M]. 北京: 清华大学出版社, 1994.
- [10] 陈丹伟, 楼佩煌, 王宁生. FMS 动态调度软件自动生成[J]. 南京航空航天大学学报, 2001, 33(6): 579-584.
Chen Dan-wei, Lou Pei-huang, Wang Ning-sheng. Study on automatic generation of dynamic scheduling software for EMS[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, 2001, 33(6): 579-584.
- [11] Fan Yong-kai, Lin Jun. A wireless lan-based robust and scalable virtual laboratory for E-learning; lecture notes in computer science[J]. Springer-verlag, 2006, 3942:322-325.
- [12] 范永开, 林君, 孙天泽. 基于模块关系匹配推理的软件生成机制研究[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2006, 36(6): 939-944.
Fan Yong-kai, Lin Jun, Sun Tian-ze. Program generation mechanism based on module relationship match reasoning[J]. Journal of Jilin University(Engineering and Technology Edition), 2006, 36(6): 939-944.