

基于需求驱动的雷达参数测试软件开发方法研究

刘连照, 王道酉, 徐 宙, 余 磊, 马 晖, 杨会民

(电子信息系统复杂电磁环境效应国家重点实验室, 河南 洛阳 471003)

摘要: 为了提高雷达参数测试软件的开发效率及测试仪器的互换性, 通过对雷达参数测试进行详尽的用例需求分析, 在归纳总结测试需求的基础上使用 UML 语言建立了基于需求驱动的雷达参数测试软件开发模型, 并详细介绍了模型中的类图设计方法; 实践表明该模型能够在雷达参数测试中完成雷达装备天线增益、天线方向图及灵敏度等相应测试项目的组合配置, 大大提高了测试软件的开发效率及仪器的互换性, 对于其他装备参数软件开发也具备一定的参考、借鉴价值。

关键词: 需求驱动; 软件模型; 类图设计; 按需组合; 雷达测试

Research on the Development Method of Radar Parameter Testing Software Based on Demand-driven

LIU Lianzhao, WANG Daoyou, XU Zhou, YU Lei, MA Hui, YANG Huimin

(State key Laboratory of Complex electromagnetic Environment Effects and Information System, Luoyang 471003, China)

Abstract: In order to improve the development efficiency of radar equipment testing software and the interchangeability of test instrument, detailed cases on the basis of summarized test requirements, based on demand-driven a new test software development model was designed by UML language. And the class diagram design method in this model was introduced in detail. As a matter of fact, the configuration of radar equipment testing software should be completed by this model. This model was suitable for the development of other equipment testing software.

Keywords: demand-driven; software model; design of class diagram; on-demand configuration; radar test

0 引言

雷达装备是电子信息装备试验中的重要组成部分。为了保证雷达装备测试数据的准确性, 必须对其技术状态进行定期的测试。随着雷达技术的快速发展, 使得对雷达装备测试指标的要求越来越多, 测试需求越来越多样化, 每种雷达装备参数测试软件的开发都需要占用大量的人员和时间, 专用雷达装备参数测试软件的开发难度也不断增加。其主要表现为以下两点: 首先是测试目标多样, 多种测试总线并存, 针对具体的测试需求, 在综合成本、指标、应用环境等多方面因素的前提下, 规范测试系统的软、硬件结构, 使其发挥出最佳的测试性能是问题的关键^[1-5]; 其次系统的研发成本过高, 针对特定测试需求开发专用测试系统耗费大量的人力和物力, 即使在时间等条件允许的情况下成功开发的测试系统, 也不能适应日后的不停变化的测试需求, 必须再次开发新的专用测试系统, 如此循环往复造成极大的人力、物力等的资源浪费^[6-8]。

目前, 主流的雷达装备参数测试软件开发, 是面向仪器的一种测试软件开发模式^[9]。面向仪器的雷达装备参数测试软件开发, 要求软件开发人员和测试人员具备较高的仪器控制软件开发和雷达装备参数测试技能, 同时由于雷

达装备参数测试中涉及的仪器种类繁多、生产厂家和型号都不相同, 加大了雷达装备参数测试软件开发的周期和难度, 大大降低了 TPS 的可移植性和仪器的互换性。本文提出的面向需求驱动的雷达装备参数测试软件开发方法, 以雷达装备参数测试需求为基础, 通过设计可重构的数据流结构模型, 实现雷达装备参数测试软件的按需组合配置, 缩短了雷达装备参数测试软件的开发周期, 提高了模型的可移植性和复用性。

1 需求分析

1.1 需求驱动

需求驱动是指软件的生成依赖于用户的需求分析结果^[10]。以雷达装备参数测试需求为最基础的依据, 往往能够体现现阶段雷达装备参数测试的具体期望和未来雷达装备参数测试的发展趋势。需求驱动从测试需求出发, 通过用户总结、分析测试需求内容、特点, 逐步归纳形成完备的测试需求描述, 以测试需求描述的方式输入到软件生成编辑器中, 自动生成新的测试项目或测试软件, 如图 1 所示。

以需求描述方式生成雷达装备参数测试软件, 使普通的雷达装备参数测试人员不需要具备专家级的软件开发能力, 只需要理解需求描述与软件生成编辑器输入的对对应关

收稿日期: 2021-04-12; 修回日期: 2021-06-02。

作者简介: 刘连照(1985-), 男, 河北沧州人, 硕士, 工程师, 主要从事雷达装备测试方向的研究。

引用格式: 刘连照, 王道酉, 徐 宙, 等. 基于需求驱动的雷达参数测试软件开发方法研究[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(10): 154-157, 192.

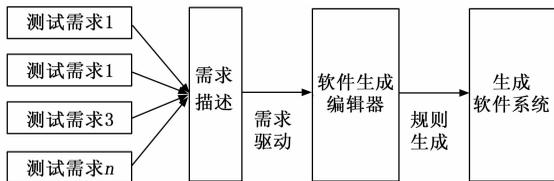


图 1 基于需求驱动的软件生成方法

系,就可完成新的测试软件生成,降低了雷达装备参数测试软件开发门槛,同时正是由于普通测试人员的大量使用,丰富了软件底层控件库,解决了现有雷达装备参数测试中测试方法、测试资源、测试流程等多变的难题,也能够覆盖未来雷达装备参数测试中大带宽、多数据量、长时采集等需求的发展趋势。

1.2 用例分析

为了使雷达装备参数测试软件可以根据测试需求自由配置,并进一步增强测试软件的可重用性、模块化,需要对电子信息装备常用的雷达装备测试系统特点及测试需求进行梳理总结,将测试需求细化,完成雷达装备参数测试的用例需求分析^[11-12]。雷达装备参数测试软件用例需求分析如图 2 所示。雷达装备参数测试过程中主要存在测试人员和软件开发人员两种参与者,其中软件开发人员可以泛化为测试人员;测试人员针对雷达装备参数测试需求进行已有测试项目使用和新建测试项目的开发;已有测试项目时,测试人员对相应测试仪器进行基本参数的设置,操作专用控件获取测试数据,并对测试结果进行保存;新建测试项目开发时时,首先选择所需类型的测试仪器,然后根据测试需求判定该测试软件是否加载基本操作控件、专用测试控件及结果显示控件等,完成新的测试需求描述,最后通过软件生成编辑器生成对应测试需求的的测试项目或软件系统;在测试人员进行新建测试项目开发因参数测试功能控件不具备或不完整时,就需要软件开发人员对相应的基本控件和专用控件进行编辑添加。一般一种类型测试仪器的基本控件建立后就不再需要进行基本控件的开发,只需要对与参数测试功能、流程对应的专用测试控件进行开发编辑。

1.3 需求归纳

通过对雷达装备参数测试的特点、多种参数的测试方法流程进行分析研究,进一步归纳总结试验常用测试需求,梳理建立不同类型测试仪器与测试需求的对应关系。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^[13-15]。上述用例图中的雷达装备试验测试需求可以总结归纳为 5 个部分,分别为测试仪器类型、配置基本控件需求、专用测试控件需求、显示方式需求以及数据输出需求,如图 3 所示。

测试仪器类型主要包括信号源、频谱分析仪、数字示波器、矢量网络分析仪、功率计等常用雷达装备参数测试仪器种类;配置基本控件需求主要按照不同类型的测试仪器总结归纳常用设置控件,以频谱分析仪为例常用设置控

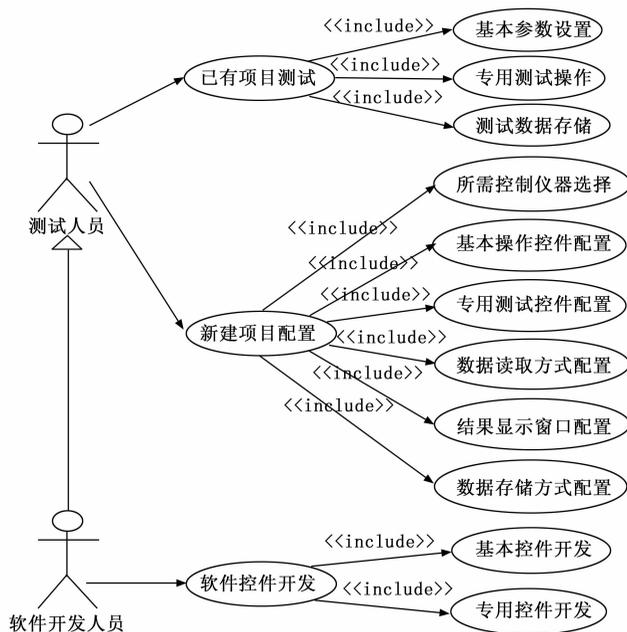


图 2 雷达装备参数测试用例图

件主要包括频率、扫宽、分辨力带宽、视频带宽、幅值以及扫描时间等;专用测试控件需求根据用户常用的频率表扫描测量、多控件标记测量、长时间信号监测、灵敏度测试、天线增益测试等特殊需求加载生成软件专用测试控件,以多点扫描专用测试控件功能需求为例,该功能一般要求实现多个频率点的配置写入,然后通过多点扫描按钮点击事件控制相应的信号源、频谱分析仪等测试仪器完成信号的生成及测试;结果显示方式需求根据用户选择的测试仪器类型生成测试结果界面,高速采集时显示方式可以关闭,存在多种显示方式的仪器(比如矢量网络分析仪)可以选择不同类型的显示方式(X-Y,极坐标以及 Smith 圆图);测试数据输出要求主要包括试验测试数据需求的指标数目、测试点数以及结果的计算,软件按需进行测试数据表格的数据库构建,以控制多台频谱仪测量进行多频率点扫描为例,需要将多台仪器的测试结果进行合并,完后以 Data-GridView 控件的形式进行当前测试数据的显示,实现测试数据的数据库更新、报告及数据的导出功能。

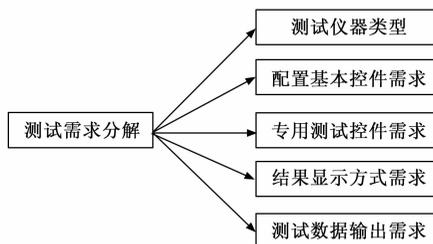


图 3 雷达装备参数测试需求归纳图

2 模型建立

基于需求分析快速建立软件原型,旨在演示目标系统主要功能的可运行系统。以数据流图的方式构建原型,能

够描绘当数据在软件系统中移动时被变换的逻辑过程，指明系统拥有的数据变换的功能，因此数据流图是建立功能模型的基础^[16-17]。

通过不断地模块分解，根据通用仪器自动控制方案中的数据流向^[18-20]，将一个通用仪器自动控制过程分解为硬件扫描类、基本控件类、专用控件类、数据读取类、结果显示类和数据存储类共 6 大基础类，基于 UML 建立的雷达装备参数测试软件开发模型如图 4 所示。每一基类设计采用标准的数据流输入和输出规范，以满足软件对 6 大基类的灵活组合配置要求。首先，软件通过调用硬件扫描类进行混合总线（如 LAN 总线、GPIB 总线、USB 总线等）下的仪器硬件扫描，获取硬件 VISA 地址的字符串列表；用户通过选择要使用通信地址和测试需求后，根据试验测试需求生成仪器基本控件和专用测试控件，并根据测试仪器型号获取需要的控制命令字符串，实现测试仪器的状态控制和测试控制；使用上一阶段获取的控制命令和测试控制方法，分别获取显示波形的数据矩阵和需要的测试数据；根据用户的试验测试结果显示方式的选择，调用结果显示类进行数据波形的绘制，并按照测试操作获取需保存的测试结果参数、点次以及数据；结合用户的数据保存选择方式和参数种类、点次等需求，建立专用试验测试数据表格或数据库，实现所需试验数据的保存及导出。

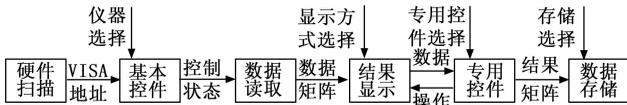


图 4 基于需求驱动的雷达测试软件开发模型

3 模型实现

3.1 需求控件化思想

根据模块化的思想将基于通用仪器的多参数测试软件的基类分为硬件扫描、数据读取、结果显示、基本控件、专用控件、数据存储六个基类。硬件扫描类是主要通过对计算机上的多种硬件总线（如 LAN 总线、GPIB 总线、USB 总线等）进行扫描，获取并显示各总线上连接仪器的 VISA 资源信息，并将公共属性 `Ins_VISA` 传递给后续各类，如图 5 所示。

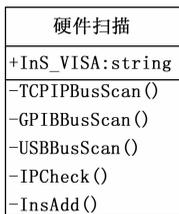


图 5 硬件扫描类结构示意图

基本控件类根据用户选择的仪器序号读取配置文件 `Ins_State.ini` 的 VISA 资源，进而读取其仪器类型、型号，根据仪器的类型动态加载相应的基本操作控件，并定义和

加载相应的属性和事件。配置基本控件需求主要按照不同测试项目的需求进行配置，以频谱分析仪为例基本控件参数主要包括频率、扫宽、分辨力带宽、视频带宽、幅值以及扫描时间等，通过 `Spa_AddCtr()` 操作实现，并对应关联参数设置事件，并将对应仪器的控制状态传递后续各类，如图 6 所示。

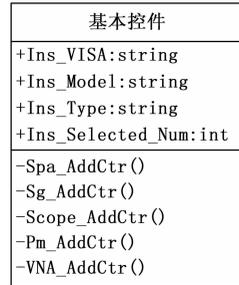


图 6 基本控件类结构示意图

数据读取类是一个方法类，将仪器控制命令和仪器控制状态分别写入两个 INI 文件 `cmd.ini` 和 `Ins_State.ini`，通过调用“`shell32.dll`”API 对相应 INI 配置文件读写操作的读写操作，实现程控指令、仪器控制状态的获取。在这个方法类中还集成了读取仪器的波形数据、读取频谱仪的 Peak 值等操作，实现对仪器数据的获取，如图 7 所示。

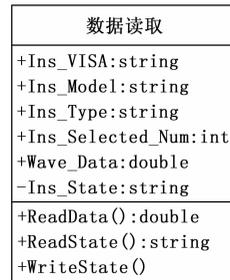


图 7 数据读取类结构示意图

结果显示方式需要根据用户选择的测试仪器类型生成测试结果界面，特别需要注意的数据采集速度与波形显示间存在一定的关联关系，比如当数据采集速率较高时显示方式需要关闭。同时，存在多种显示方式的仪器（比如矢量网络分析仪）也可根据测试项目的需求选择不同类型的显示方式（X-Y，极坐标以及 Smith 圆图），如图 8 所示。

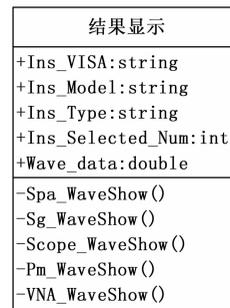


图 8 结果显示类结构示意图

下面对最具特色的专用测试控件进行软件类图设计的说明, 专用测试控件类图如图 9 所示。专用测试控件中主要包含 Ins_VISA、Ins_Model、Ins_Type、Ins_Selected_Num 及 Data_Table 共 5 个基本属性, 分别用来输入及输出 VISA 地址资源、受控仪器型号及类型、配置选择的仪器号以及测试结果数据表。专用测试控件中涉及频谱仪的专用操作主要包括单频点测试、多频点扫描及天线方向图测试等, 涉及示波器的专用操作主要包括脉宽测量及重复周期测试等, 涉及信号源的专用操作主要包括灵敏度测试机动态范围测试等, 涉及功率计的专用操作为辐射功率测试等, 设计矢量网络分析仪的专用操作包括衰减测量及驻波比测试等。通过不断增加专用控件的基本操作, 能够进一步丰富雷达装备参数测试需求选择性, 提高对应测试软件的开发效率。

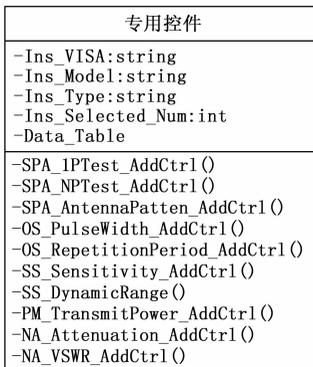


图 9 专用控件类结构示意图

测试数据输出要求主要包括试验测试数据需求的指标数目、测试点数以及结果的计算, 软件按需进行测试数据表格的构建。以控制多台频谱仪测量进行多频率点扫描为例, 需要将多台仪器的测试结果进行合并, 完后以 DataGridView 控件的形式进行当前测试数据的显示, 实现测试数据的数据库更新、报告及数据导出等操作, 如图 10 所示。



图 10 数据存储类结构示意图

3.2 项目配置流程及实例验证

在开发硬件扫描类、基本控件类、专用控件类、数据读取类、结果显示类及数据存储类 6 个基类的基础上, 需要根据用户选择的测试需求组合生成典型的测试项目, 以验证基于数据流的通用仪器软件控制模型的正确性。

测试项目生成程序根据硬件扫描得到的混合总线下的各仪器 VISA 资源, 选择需要控制一个或多个的测试仪器, 然后软件自动连接选择控制的测试仪器判断相应的仪器类型, 并读取相应仪器类型的 6 大基类选项, 用户通过下拉

列表选择对应描述测试需求的 6 大基类选项, 然后通过项目生成事件调用相应的基类进行实例化和相对位置的配置, 生成对应测试需求的测试项目或软件系统。测试项目生成流程如图 11 所示。

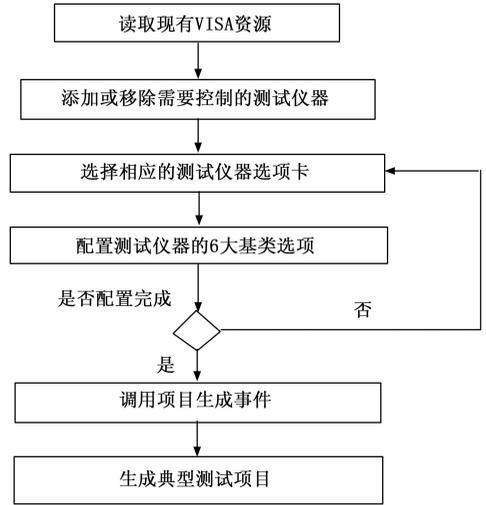


图 11 测试项目生成程序流程图

4 实验结果与分析

为了验证基于需求驱动的雷达装备参数测试软件开发模型的有效性, 下面以特体雷达多参数经测试系统软件开发为例进行验证。特体雷达多参数测试系统主要以电子信息装备试验中特殊型号、特殊体制雷达为测试对象, 因此其测试需求存在着测试项目多变、数据采集要求不一、测试仪器可替换等难题。

以某型号特体雷达新增的天线增益测试需求为例, 主要测试需求为: 被测装备频率范围为 1~2 GHz, 需要控制 10 Hz~26.5 GHz 频段的信号源 E8267D、9 kHz~40 GHz 频段的频谱分析仪 E4447A 进行频谱测试, 要求具备中心频率、SPAN、分辨率带宽、视频带宽及扫描时间等频谱仪和信号源的基本参数设置功能, 显示频谱分析仪 E4447A 的频谱波形, 信号源 E8267D 具备标准天线测量、被测天线测量及天线增益结果的自动计算, 能够实现测试数据的保存及导出。按照测试需求分别配置 6 大基类, 实现测试项目的生成及测试项目实现效果分别如图 12、图 13 所示。



图 12 雷达天线增益测试软件生成图

(下转第 192 页)