

文章编号:1001-9081(2007)06-1445-03

基于 STEP 的 RMS 信息模型研究及实现

郭健彬,曾声奎,陈云霞

(北京航空航天大学 工程系统工程系,北京 100083)

(fracas@126.com)

摘要:为了满足产品数字化协同研制模式对可靠性、维修性、保障性(RMS)数据共享和交换的要求,针对 RMS 工程的“全特性”、“全阶段”和“全系统”的特点,建立了基于产品模型数据交换标准(STEP)的 RMS 信息模型,并研究提出了该模型在产品数据管理系统(PDM)下的实现方法,最后给出了 RMS 模型及其实现方法在企业信息集成中的应用模式及案例验证。

关键词:可靠性、维修性、保障性;产品模型数据交换标准;信息模型;产品数据管理系统;信息集成

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A

Research of STEP-based RMS information model and its implementation

GUO Jian-bin, ZENG Sheng-kui, CHEN Yun-xia

(Department of System Engineering, Beihang University, Beijing 100083, China)

Abstract: Digital Collaborative product development mode brings forward new requirements to RMS data's share and exchange. According to the full characteristic, 'full phase' and 'full system' of RMS engineering, a STEP-based RMS information model was developed. Furthermore, an implementation method based on PDM was presented. At last, the application mode and the case study applied in enterprise information integration were given.

Key words: Reliability, Maintainability, Supportability (RMS); Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP); information model; Product Data Management (PDM); information integration

0 引言

在复杂产品数字化协同研制过程中,大量的产品数据可能分布在异构的网络环境下,并且被设计者使用不同的计算机软件访问,在这种情况下,信息的集成共享和对信息的一致性理解成为实现协同研制的基础。在机械、电子、汽车、船舶、建筑等领域,国际标准化组织 ISO 制定了相应的数据标准协议(Standard for the Exchange of Product Model Data,STEP),规定了各领域的通用信息模型,并给出了有效的实现方法,成为企业对产品数据共享和交换的标准^[1]。

可靠性(Reliability)、维修性(Maintainability)和保障性(Supportability),简称 RMS,是装备重要的战术技术指标,对装备的作战能力、生存力、部署机动性、维修人力和保障费用有着重要的影响。现代武器装备系统复杂、集成化、全天候、大过载、低成本等特点对 RMS 特性提出了更高的要求。因此,各国也都要求在武器装备研制过程中并行地、协同地开展 RMS 工作^[2~4]。

协同开展 RMS 工作的基础是在数字化协同研制环境下,实现各 RMS CAD 应用软件之间的数据共享,并保证其对信息语义的一致性理解。首先应建立 RMS 信息模型并集成到协同研制环境中,然后建立各 RMS CAD 应用软件访问协同研制环境的数据接口。

在选取产品数据管理系统(Product Data Management, PDM)为协同研制环境的基础上,本文研究了基于 STEP 的 RMS 信息模型以及基于 PDM 的模型实现方法,为协同开展 RMS 工作奠定了基础。

1 RMS 信息模型现状

RMS 工程,是研究如何在产品全寿命过程中同故障作斗争的工程技术,其实质是研究产品故障的发生、发展、在故障发生后的修理、保障、以及如何预防故障的发生、直至消灭故障的规律^[5]。

RMS 工程具有“全特性”、“全阶段”和“全系统”的特点。首先,RMS 工程是一门综合学科,它不仅涉及 RMS 领域的参数,还需要其他性能领域的相关参数;其次,RMS 工程贯穿于产品的全寿命周期,主要集中在需求分析,设计实现,使用维护三个阶段;最后,RMS 工程贯穿于产品的全系统,包括装备、系统、组件、元件、原材料等各个层次。

建立信息模型,有效的管理 RMS 工程中的数据,是开展 RMS 工作的重要基础。目前,市场上的 RMS CAD 工具集有 KW-Arms、Relex、ISOGraph 等,这些软件的数据模型最终以该系统的实现语言(如 Java)作为宿主语言消失于应用系统内部,在该系统之外,其产生的产品数据不可及;而且涉及的 RMS 对象不够全面,不能完全满足“全阶段”、“全系统”和“全特性”的要求。

从上述分析可知,在保证 RMS 对象全面性的基础上,寻找一种标准化的建模方法,使消失在各宿主语言中的数据模型恢复出来,建立独立于应用系统的中性 RMS 信息模型,提供一种有效的模型实现手段完成对数据的操作,使用户可操纵各种异构环境下的 RMS 数据,具有十分重要的意义。

收稿日期:2006-12-04;修订日期:2007-02-12 基金项目:武器预研基金项目(51419010104HK01)

作者简介:郭健彬(1979-),男,河北邢台人,博士研究生,主要研究方向:可靠性系统工程、信息集成;曾声奎(1967-),男,贵州贵阳人,教授,主要研究方向:可靠性系统工程、可靠性 CAD 技术;陈云霞(1977-),女,安徽黄山人,讲师,主要研究方向:可靠性系统工程。

2 基于 STEP 的 RMS 信息模型与实现方法

STEP 是一套关于产品整个生命周期中产品数据的表达和交换的国际标准,其目的是提供一种不依赖于任何具体系统的中性机制,能够描述整个生命周期中的产品数据,同时保持数据的一致性和完整性。STEP 已经被全球工业界接受并使用,如美国的 NIIP、北约的 CALS、中国的 CIMS 等。

STEP 标准体系可以粗略的分为集成资源、应用协议和实现方法三层。最上层是以 Express 语言描述的各领域的应用协议,每个协议包括了各领域具体的信息模型,面向具体应用;第二层是集成资源,定义了以 Express 语言描述的产品共性模型,被上层的应用协议引用,并与具体实现无关;最底层是实现方法,给出具体在计算机上的实现形式^[6]。

目前,STEP 标准体系中还没有 RMS 领域的协议。本文建立了应用协议层的 RMS 信息模型,并研究了基于 PDM 的 STEP 模型实现方法,其在 STEP 标准体系中的位置如图 1 所示。

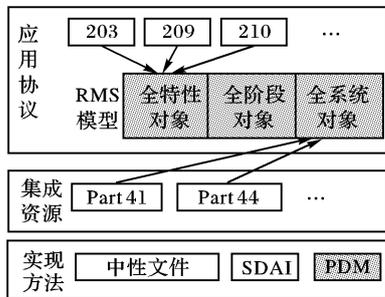


图 1 基于 STEP 的 RMS 信息模型与实现方法

表 1 RMS 信息模型功能单元及应用对象

| UoF | 特点 | 应用对象 | 说明 |
|----------|-----|--|---|
| RMS 参数 | 全特性 | 可靠性参数、维修性参数、保障性参数、性能参数、参数分配关系、参数类型等 | 描述 RMS 参数的分类、定义、建立和其他对象(包括各阶段、各层次的产品对象)的联系 |
| RMS 需求分析 | 全阶段 | 使用方案、寿命剖面、任务剖面、任务阶段、定量要求、定性要求和工作项目要求、方案-要求关系等 | 描述需求分析阶段的使用方案和 RMS 要求. 对同一产品, 根据不同的使用方案, 产生不同的 RMS 要求, 作为后续设计的目标 |
| RMS 设计实现 | 全阶段 | 缺陷、故障、失效、设计分析方法、测试方法、维修方法和保障资源、故障-产品关系、故障-设计方法关系、故障-测试关系、故障-维修关系、维修-资源关系 | 描述设计阶段的故障、设计分析方法、测试方法、维修方法和保障资源等. 确保在设计阶段防止故障的同时, 考虑发生故障后的一系列工作, 支持并行工程 |
| RMS 使用维护 | 全阶段 | 检测活动、检测数据、维修活动、维修人员、维修步骤 | 描述使用阶段的检测活动、维修申请及维修活动 |
| 产品结构 | 全系统 | 产品、层次、版本、视图、分类等 | 支持多层次、多视图、多版本 |

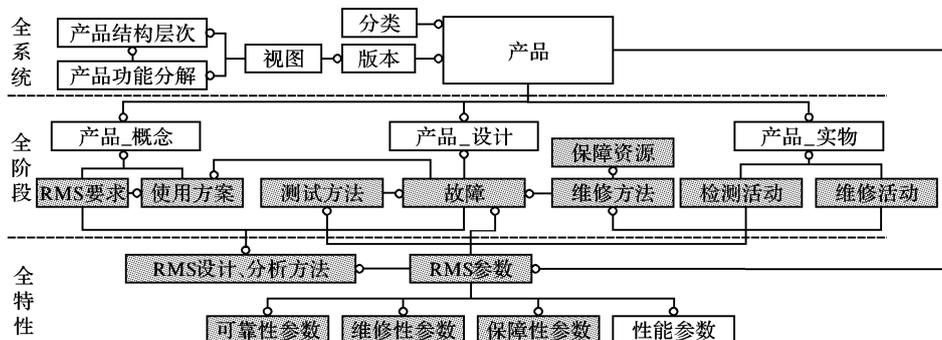


图 2 RMS 信息模型的概念模型

针对上述功能单元及其应用对象,按照面向对象建模的思想,采用 STEP 的图形化建模语言 Express_G,建立了 RMS 信息模型的整体概念模型。概念模型侧重于描述模型包括的主要应用对象及其关系,如图 2 所示,其中深色部分为新建对

RMS 信息模型针对 RMS 的数据需求,在引用 STEP 现有资源的前提下,使用 Express 语言定义了各种 RMS 对象。“全特性”对象描述 RMS 领域的参数对象的基础上,引用其他领域应用协议(203、209、210 等)的性能参数;“全阶段”对象定义产品生命周期各阶段的 RMS 专用对象(如 RMS 要求、故障、维修任务等);“全系统”对象完全引用集成资源的产品结构与配置部分(Part41、Part44),形成对产品层次结构的完整描述。可见,模型中创新主要集中在“全特性”和“全阶段”两部分。该模型属于逻辑模型的范畴,不涉及实现技术,因此可以独立于应用系统,成为中性模型。

基于 PDM 的模型实现方法,以 PDM 集成技术为基础,将 RMS 逻辑模型集成到 PDM 中,得到可以被计算机识别的物理模型。同时借助 PDM 本身的网络化协同能力,实现协同 RMS。

3 基于 STEP 的 RMS 信息模型

3.1 需求模型和概念模型

针对 RMS 工程“全特性”、“全阶段”和“全系统”的特点,RMS 信息模型分为五个功能单元(Unit of Function, UoF)。“RMS 参数”描述产品的全特性;“RMS 需求分析”、“RMS 设计实现”和“RMS 使用维护”描述全阶段的 RMS 对象;“产品结构”描述产品的全系统。每个功能单元又包括若干应用对象,应用对象可以分为实体对象和关系对象。功能单元及其应用对象的详细描述如表 1 所示,可以将该表理解为 RMS 信息模型的需求模型。

象,浅色部分为引用对象(由于篇幅限制,还有部分应用对象和关系并未在图中表示)。

3.2 模型详细描述示例

在概念模型的基础上,使用 EXPRESS 和 EXPRESS_G 语

言,详细定义应用对象名称、属性、约束等,最终得到 RMS 逻辑模型。它是 RMS 信息模型的最终成果。

由于篇幅所限,本文仅给出“RMS 参数”功能单元的 Express_G 图,如图 3 所示。

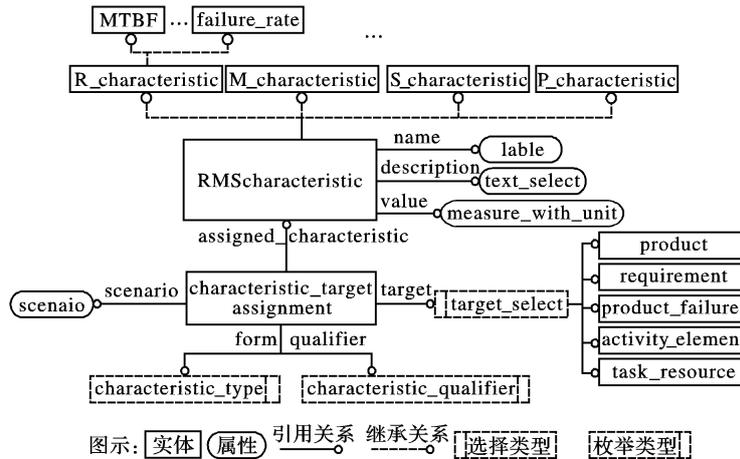


图 3 “RMS 参数”功能单位的逻辑模型

该功能单元的核心应用对象是 RMScharacteristic 实体和 characteristic_assignment 实体。前者描述 RMS 参数实体固有属性(如参数名称、参数值等)及其分类;后者描述参数实体和其他实体的一对多所属关系(如同一参数在不同的产品层次可以取不同的值,在不同阶段也可以取不同的值),以及参数在建立了所属关系后产生的特有属性(如该参数值是要求值还是预计值,是最大值还是平均值等)。

模型的具体描述如下:

RMScharacteristic 实体定义了 RMS 参数的固有属性,包括 lable 类型的属性 name、text_select 类型的属性 description 和 measure_with_unit 类型的属性 value。实体 R_characteristic、M_characteristic、S_characteristic 和 P_characteristic 是 RMScharacteristic 实体的子类,它们继承了 RMScharacteristic 的所有固有属性,分别表示可靠性、维修性、保障性和性能参数。依次类推,将 R_characteristic 实体作为父类,其子类又包括了平均故障间隔时间、故障率等。

characteristic_assignment 实体建立了 RMScharacteristic 实体与 scenairo 实体、target_select 选择类型之间的关系,并且通过枚举类型 characteristic_type 和 characteristic_qualifier 对参数的类型进行了明确。其中 scenairo 实体表示用于对产品的使用方案,保证同一产品在不同使用方案下可以取不同的参数值;target_select 选择类型表示参数的所有者,可以是装备、系统、元件等各层次产品对象,也可以是 RMS 要求、产品故障、维修任务、保障资源等各阶段的 RMS 对象;characteristic_type 枚举类型表示参数的来源,如要求值、预计值、分配值、外场统计值、内场试验值、成熟期规定值、设计定型最低可接收值等;characteristic_qualifier 枚举类型表示该参数是最大值、最小值还是平均值。

以坦克的可靠性参数“平均故障间隔历程”为例,在需求分析阶段其要求值的最小值是 500 公里,在设计阶段其预计值是 550 公里,在使用阶段其外场统计值的平均值是 530 公里。通过上述模型可以准确完整地在这种多阶段多类型的参数进行描述。

4 基于 PDM 的模型实现方法

目前,被广泛应用的 STEP 模型实现技术主要有两种:基于中性文件的信息交换以及基于 SDAI 和中心数据库的信息

共享^[7]。随着 PDM 的广泛应用,企业越来越多地采用 PDM 作为信息集成平台^[8]。在这种背景下,在 PDM 平台中实现 RMS 信息模型有着巨大的优势,不仅可以借助 PDM 的网络通讯能力实现网络化的 RMS 协同,而且可以直接使用 PDM 的功能组件对模型中包括的数据进行细粒度的管理。

本文将以 PDM 产品 Teamcenter 为例,论述基于 PDM 的模型实现方法。

在 Teamcenter 中实现 RMS 模型,需要分别对 PDM 的数据层、对象管理框架层(包括对象模型及服务)和界面层进行扩展^[9],实现流程如图 4 所示。

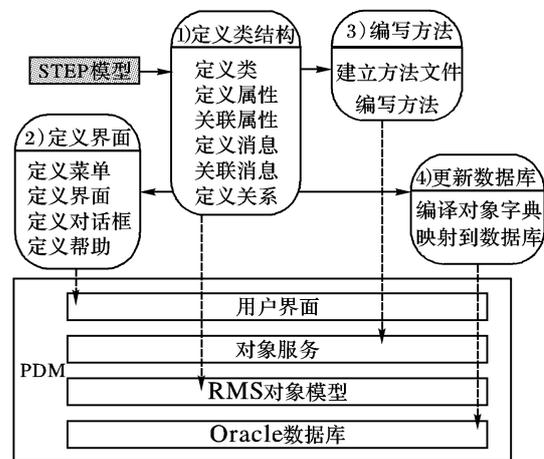


图 4 基于 PDM 的 RMS 模型实现流程

1) 定义类结构。以 Express 表示的 RMS 信息模型为蓝本,使用 Teamcenter 二次开发语言 MODEL (Metaphase Object Definition Language) 建立 RMS 对象的类结构,包括类、属性、消息和关系等。

2) 定义界面。根据类结构,使用 MODEL 语言建立界面、菜单、对话框、帮助文本等。

3) 编写方法。针对类结构中定义的消息,调用 Teamcenter 提供的 API,利用 C 语言编写方法代码。

4) 扩展数据库。首先将用 MODEL 语言编写的类结构编译成为对象字典,再利用 Teamcenter 提供映射命令 Updatedb,将新加入的对象转化为 SQL 脚本,并执行 SQL 脚本自动更新数据库。
(下转第 1451 页)

- b) 自动机遇到 Or 节点后重新回到某个状态, 且该状态与自动机终态中存在状态集的交不为空;
- c) 自动机遇到 And 节点后重新回到某个状态, 且该状态

与自动机终态中普遍状态集的交不为空。

- 5) 若能够判断出自动机是否为空, 输出检测结果, 结束程序, 若不能判断出自动机是否为空, 重复 3)。

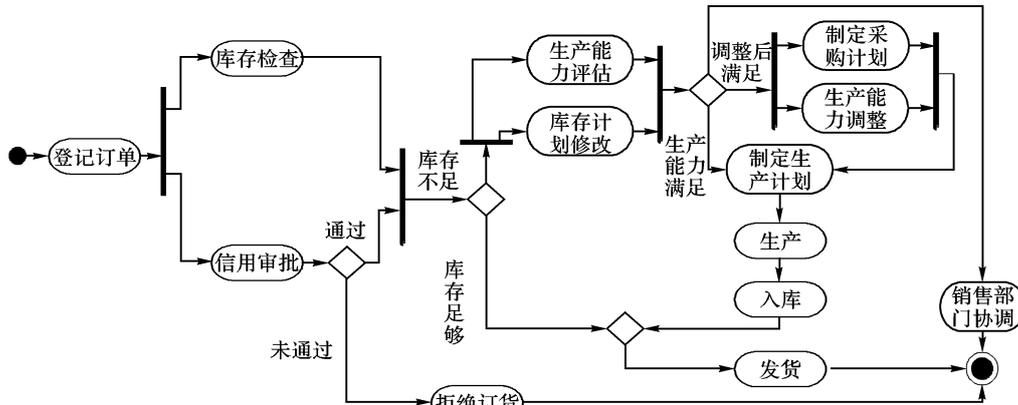


图1 订单处理流程

4 结语

模型检测是一门仍在不断发展的技术, 其在工作流中的应用研究仍处于起步阶段, 还有待于开展更深入的研究。本文对 WPD L 描述的工作流模型的检测进行了研究, 提出了工作流模型向 Kripke 迁移系统模型的转换方法、工作流模型的检测指标及其 CTL * 公式描述, 并采用博弈算法实现了模型的自动验证, 实例分析验证结果表明该方法可以用于工作流模型正确性验证。

参考文献:

[1] 范玉顺. 工作流管理技术基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 施普

林格出版社, 2001.

[2] 林惠民, 张文辉. 模型检测: 理论、方法和应用[J]. 软件学报, 2002, 30(12): 1907 - 1912.

[3] COURCOBETIS C, VARDI MY, WOLPER P, et al. Memory efficient algorithms for the verification of temporal properties[J]. Formal Methods in System Design, 1992, 1: 275 - 288.

[4] VISSER W. Efficient CTL * Model Checking Using Games and Automata[Z]. PhD thesis, University of Manchester, June 1998.

[5] BERNHOLTZ O. Model Checking for Branching Time Temporal Logics[Z]. PhD thesis, The Technion, Haifa, Israel, June 1995.

(上接第 1447 页)

5 模型的应用验证

上述模型和方法, 在军工数字化研制环境下建立基于 PDM 的 RMS 协同研制平台过程中得到了验证。该项目力图实现 37 个 RMS CAD 工具之间以及 RMS CAD 与机械、电子专业 CAD 之间的信息集成。首先建立基于 STEP 的 RMS 信息模型, 并采用基于 PDM 的模型实现方法, 将该模型集成到 PDM 中; 其次对 RMS CAD 和性能专业 CAD 进行二次开发, 通过调用 PDM 的 API 实现各 CAD 中的 RMS 信息在 PDM 中的共享。目前, 已经将自主知识产权的 RMS CAD 工具集 KW - Arms2.0© 中的 4 个工具(可靠性预计、可靠性分配、降额设计、FMEA)集成到了 PDM 平台 Teamcenter 中, 实现了 RMS 信息的共享和交换, 验证了上述模型和方法的可行性和正确性。

如果企业没有实施 PDM, 也可以利用 STEP 开发工具(如 ST - Developer), 将 RMS 信息模型集成到 STEP 中心数据库中, 并通过 STEP Part22 中规定的 SDAI 接口, 实现 CAD 对 RMS 信息的在线访问; 或者将中心数据库中的 RMS 数据导出到一个 STEP 中性文件(参考 STEP Part21)中, 再根据 STEP Part28 中给出的 Express 到 XML 映射规则将其转换成 XML 文件, 通过读取 XML 文件实现 RMS 信息交换。

6 结语

本文建立了基于 STEP 的 RMS 中性信息模型, 该模型全面支持 RMS“全特性”、“全阶段”和“全系统”的特点。通过对该模型进行进一步验证与确认, 可以支持制定 RMS 领域的

STEP 标准应用协议。同时, 针对企业使用 PDM 作为集成平台的现状, 提出了该模型在 PDM 环境下的实现方法。上述模型及其实现方法为在数字化协同研制模式下实现 RMS 数据的共享和交换奠定了良好的基础。

参考文献:

[1] SCRA Corp. ISO 10303 STEP Application Handbook Verson2[R]. 2001.

[2] PHILIPS CB, PETERSON RR. Integrating Reliability and Maintainability into a Concurrent Engineering Environment[R]. AIAA - 93 - 1021, 1993.

[3] BRUCE A. R&M and Supportability Analysis Integration into Conceptual and Preliminary Weapon System Design Phase [A]. Proceedings annual reliability and maintainability symposium [C]. 1991. 202 - 206.

[4] 阮镰. 可靠性安全性维修性测试性保障性 CAD 与并行工程[J]. 中国机械工程, 1998, 9(12): 21 - 24.

[5] 杨为民, 阮镰, 余沼, 等. 可靠性、维修性、保障性总论[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995.

[6] NIST. STEP on One Page[EB/OL]. <http://www.nist.gov/sc5/soap>, 2006.

[7] 杨子江. 面向虚拟企业的 STEP 信息集成研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2003.

[8] 童秉枢, 李建明. 产品数据管理(PDM)技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 2000.

[9] UGS Corp. Teamcenter Enterprise Online Help Collection [CP/DK]. 2005.