

PDM 结合 FMEA 进行金融设备的故障诊断^①

汪成亮¹, 谷民杰¹, 陈娟娟²

¹(重庆大学 计算机学院, 重庆 400044)

²(重庆师范大学 计算机与信息科学学院, 重庆 400047)

摘要: 金融系统的故障诊断要求标准高, 针对金融系统金融产品从设计到生产相关文档齐全, 各零部件参数详细, 有着明确统一的标准的特点。在简单介绍 PDM 和 FMEA 的基础上, 提出了 PDM 与 FMEA 相结合生成故障树进行金融设备故障诊断与维护的方法, 将金融产品构成信息、产品功能信息及维修信息并融合产品设计阶段获取的诊断知识, 进行诊断, 使产品的设计、诊断与维护形成一个有机整体。详细阐述了 PDM 结合 FMEA 的生成故障树的知识表达及规则生成的原理, 并以 ATM 机为例进行了验证。

关键词: PDM; FMEA; ATM; 故障树; 故障诊断

Failure Diagnosis of Financial Equipment Based on PDM Combining With FMEA

WANG Cheng-Liang¹, GU Min-Jie¹, CHEN Juan-Juan²

¹(Department of Computer Science, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

²(Department of Computer and Information Science, Chongqing Normal University, Chongqing 400047, China)

Abstract: Financial system demands high standard for failure diagnosis, and financial products in this system have a whole set of instruction documents covering design to production and also detailed parameters, which are all clearly defined. Based on a brief introduction of PDM and FMEA, the paper proposed a method of failure tree generated by PDM combining with FMEA to diagnose and maintain financial system. This method can execute diagnosis by the information of formation, function, and maintenance of financial products, integrated with diagnosis information acquired in product design period. It would make the processes of product design, failure diagnosis and product maintenance as an organic whole. The paper illustrated in detail the principles of knowledge and regulation for creating failure tree generated by PDM combining with FMEA, and the method was further testified on ATM case.

Keywords: PDM; FMEA; failure tree; failure diagnosis

金融系统是有关资金的流动、集中和分配的一个体系。它是由连接资金盈余者和资金短缺者的一系列金融中介机构和金融市场共同构成的一个有机体。目前金融电子化浪潮席卷全球, 引发了世界范围的金融信息革命, 给金融业带来了崭新的发展机遇同时也带来了前所未有的挑战。金融电子化是先进的电子信息技术和计算机通信技术的结合, 各种金融终端成为人民生活的一部分且功能日益复杂、结构日益复杂, 要求服务质量保障高。请求响应式服务方式已经不能满

足人民的需求, 这就要求提高设备维护保障水平, 要求从事后维修尽量过渡到视情维修、提前维修, 进行及时的健康状况评估。

目前故障诊断与维护方法, 多是根据产品使用和出现故障的现象研究其诊断与维护, 也有利用 FMEA(故障模式及其影响分析)对产品进行故障模式分析与故障控制, 但这些都没有考虑如何利用产品设计知识来进行故障诊断与维护。大多数研究工作仅限于产品使用阶段故障机理分析和诊断知识的获取与应

① 基金项目: 国家高技术研究发展计划(863)(2007AA12Z306)

收稿时间: 2010-05-17; 收到修改稿时间: 2010-06-21

用,缺乏对产品全生命周期,尤其是设计阶段相关知识的利用,使得实际系统和产品的故障诊断效果难以令人满意。金融产品从设计到生产相关文档齐全,各零部件参数详细,有着明确统一的标准,如果采取 PDM 结合 FMEA 诊断方法,将金融产品构成信息、产品功能信息及维修信息并融合产品设计阶段获取的诊断知识,进行诊断,可以使产品的设计、诊断与维护形成一个有机整体,大大提高诊断效率与精度。

1 PDM及FMEA的简介

1.1 FMEA 简介

故障模式及后果分析^[1](FMEA - Failure Mode and Effects Analysis) 是一种分析系统中每一产品所有可能产生的故障模式及其对系统造成的所有可能影响,并按每一个故障模式的严重程度、检测难易程度以及发生频度予以分类的归纳分析方法。其目的是在失败发生前,在产品的设计阶段就对各种可能的失败进行预计及量化的评估,并采取相应措施加以防止及避免。其主要特点是:一、它是对将来可能的失败的预计,而不是失败后采取的补救。二、FMEA 不是一次性的工作,应及时更接 FMEA 表,使其能反映最新的状态。FMEA 是一种从工业流程入手来查询和确定故障部位的分析方法,它有两方面的作用。一是作为一种维修性设计思想来进行设备前期的可靠性、维修型设计,二是作为维修工程的一种故障分析手段,制定设备的预防维修计划及维修中的检查指南。

1.2 PDM 简介

PDM^[2] 是一门用来管理所有与产品相关信息(包括零件信息、配置、文档、CAD 文件、结构、权限信息等)和所有与产品信息相关过程的技术。概括而言,PDM 是企业的信息集成框架,以此框架为基础,高度的集成各种应用软件,管理所有与产品及其过程相关的数据,为工程技术人员提供一个协同的工作环境,确保在正确的时间、把正确的信息、以正确的形式、传递给正确的人,实现高效的产品开发。PDM 主要有三大功能:一、数据的管理。包括工程设计与分析数据、产品模型数据、产品图形数据、专家知识与推理规则及产品的加工数据等。二、过程管理。又称 workflow 管理其包括产品从概念设计、产品开发、生产制造直到停止生产的整个过程中的所有历史记录,以及定义产品从一个状态转换到另一个状态时必须经过的处理步

骤。三、应用系统的集成。为了使不同的应用系统之间能够共享信息,同时实现对应用系统所产生的数据进行统一管理,PDM 能把外部应用系统“封装”或集成到系统中,并提供应用系统与 PDM 数据库以及应用系统与应用系统之间的信息集成。

2 PDM结合FMEA的诊断

一个成熟完备的产品维修性信息模型应当包括与维修性有关的所有信息^[3],如产品的功能层次关系,产品的可靠性分析结果和产品维修事件发生的频率,产品的基本维修作业分类数据,零部件之间的配合关系,零部件之间的结构约束关系等。PDM 中可以方便的得到配置模型、结构层次图、功能层次图、物料清单(BOM)、装配模型等知识,但是这些知识并不能直接为诊断、维护建模所利用,需要分析它们与能表征维护与诊断信息的产品数据模型的关系,从中提取出对建模有用的信息并进行一些相应的、必要的转换和扩充。以 PDM 中产品结构树为组织框架,首先将系统按组成结构逐层分解(分解的层次根据需要而定),形成一棵倒置的树,零部件构成树上的节点;赋给每个节点一定的知识内容,主要包括基本信息、故障信息(由 FMEA 提供包括故障模式、原因、影响)和设计信息、维护信息。FMEA 信息中的故障知识定性定量地分析了上下层节点的各故障模式间的关系据此建立相应的规则,通常下一层零部件的故障引发上一层零部件的故障,同层零部件的故障也可能相互影响。进行诊断维护时,用规则的后件找前件,逐层搜索规则库,直到查明原因。

2.1 产品结构树的知识表达

这种结构树以 PDM 为载体,基本结构与产品设计结构树类似,主要由节点和连接节点的边构成,其顶层节点为设计的产品对象,下层各节点代表构成该产品的可分或不可再分的零部件,每个节点还建立包含有该节点信息的模型。节点的知识主要分为基本信息、故障信息和设计维护信息 3 类^[4]。设计维护信息包含各零部件的使用寿命等内容。用面向对象的技术来实现节点知识的表示,设计节点基本信息类、故障信息类和设计维护信息类 3 个类来存储和表示节点的知识。其中,故障信息类和设计维护信息类是基本信息类的子类,可以看作基本信息类的故障属性和维护属性。连接节点的边表示了子父节点的结构关系和故障事件之间的因果关系。各个节点表示了零部件的设计、维护

性、诊断性信息模型,可用于单个零部件全生命周期的信息表达,而与其它节点的关联关系可由结构树的节点关联信息表示。结构树节点之间的联系有两种,一是结构关系之间的联系;二是故障之间的因果关系。信息知识的数据库结构如图 1 所示,包括 Nodes , FaultInfo,MaintainInfo,Rule 4 张表。Nodes 表中存储节点信息; FaultInfo 存储节点故障信息,它和 Nodes 表构成多对一的关系, FaultInfo 中的信息是由 FMEA 提供的,规则是由利用 FMEA 信息建立父节点与子节点间的诊断规则。如检测到系统中某部件发生故障及其发生的故障模式,一方面,通过故障影响规则,可以知道它对上层节点和整个系统(产品)的影响,另一方面,通过故障原因规则,可以知道导致它故障的原因。MaintainInfo 主要是节点的维护信息,如对 ATM 打印机来说,打印纸的消耗有个周期,如果有了维护信息,可以知道什么时间需要添加打印纸了。对于其他部件,可以提醒什么时间进行维护。它与 Nodes 节点是多对一的关系。

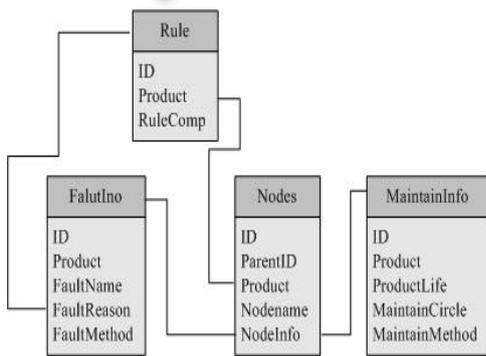


图 1 知识的数据库结构

2.2 诊断规则的建立

结构树基于设计阶段各节点的关联关系,根据 FMEA 信息和一定的知识推理技术获知当某个节点故障时,可能的故障传播方式和途径,由此可建立各节点故障时的故障传播和关联模式,从而建立故障传播的规则,这种规则的前件是故障节点,后件是故障可能传递的下一个节点^[5]。这种规则直接或经过转换后,即可形成故障诊断规则。具体来说每一个故障信息中都包含故障影响规则库和故障原因规则库。故障影响规则库中包含了系统中各零部件节点的某个故障的发生对其父节点中某故障模式的影响及影响概率;故障原因规则库中包含了在系统的各零部件节点中导致其父节点某个故障事件发生的所有故障原因,它们都是利用

系统中父子节点的故障模式之间的关系建立起来的规则库。分析各个节点可能发生的故障,给出所有可能的故障形式,重要的是子节点故障对其父节点的影响,这是建立规则的关键。诊断规则可以表示为:rule i :if ((and ,or) (a ,b)) then c fi 。其中, i 表示规则号, cfi 表示规则置信度, (a , b) 表示规则的前提, c 表示规则的结论, (and ,or) 分别代表与和或,即 a , b 之间可能是与的关系,也可能是或的关系。根据已有的故障树诊断知识可对获得的诊断规则进行修正和优化。可以利用数据挖掘技术和关联分析理论,这些都是利用 FMEA 信息在 PDM 技术平台上实现。

3 实例验证

下面以 ATM 机为例进行说明^[6,7]。图 2 为 ATM 机系统结构树

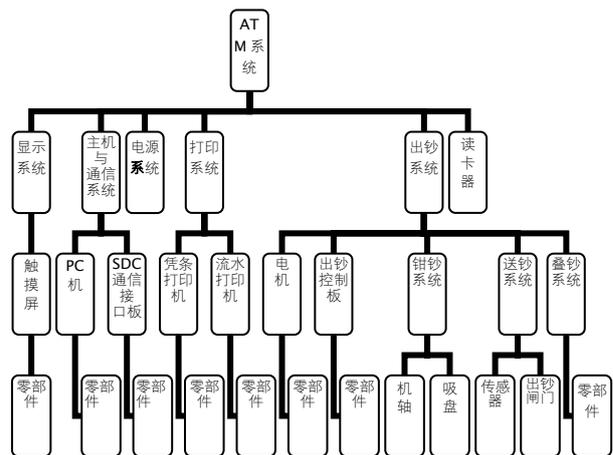


图 2 ATM 机系统结构树

表 1 出钞系统及其零部件 FMEA 分析表

产品或功能标志	功能	故障模式	故障原因	故障影响	故障检测方法	补偿措施	故障频率等级 O	危害程度 S	可检测性	RPN
出钞系统	出钞	不出钞	传感器脏 电机坏 出钞控制板坏 吸盘出故障							

电机	动力	电机 停转	线路 损坏	不出 钞			1	5	3	1 5
出钞 控制 板	出钞 控制	信息 中断	控制 板接 触不 良	不出 钞			2	5	2	2 0
传感 器	检 测	无 法 检 测 钞 票	传 感 器 较 脏 传 感 器 损 坏	不出 钞			1	4	4	1 6
吸 盘	吸 钞	无 法 吸 钞	吸 盘 损 坏	不出 钞			1	5	2	1 0
...

表中故障模式是指系统丧失应有的功能而表现出来的现象，它是故障的表现形式。故障原因是引起故障模式的机理^[8]。故障影响是指故障模式对自身级、上一层系统以的影响。风险优先数 RPN 用于评估零部件的故障对其上一层系统故障的影响程度大小，其计算公式 $RPN_{ij} = O_i \times S_i \times D_i$ 式中： RPN_{ij} 为子节点的第 i 个故障模式对其父节点的第 j 个故障模式的影响度^[5]。 O_i 为第 i 个故障模式的发生频率等级， S_i 为第 i 个故障模式的危害度等级， D_i 为第 i 个故障模式的可检测性等级，即故障可检测的难易程度。通过 RPN 可对各故障模式进行相对的危害性进行评定。那些故障严重程度高、故障发生可能性高，又难以检出的故障模式，其 RPN 值较高，从而危害性较大。而那些故障发生可能性低、故障严重程度低，较容易检出的故障模式，其 RPN 值较低，从而其危害性也较小。

从 FMEA 分析表中，我们可以看出每种故障发生的频率，及危害程度及可检测性不同，那么我们就建立一种规则来表示不同故障的置信度。即计算子节点中导致其父节点的故障原因的百分数。

$$C_{ij} = RPN_{ij} \sum_{i=1}^n RPN_{ij} / \sum_{i=1}^n C_{ij}, = 100\%$$

C_{ij} 的为子节点中故障 i 的发生对父节点故障 j 发生的影响百分数。根据上面的公式，可以算出各故障

影响的百分数，进而形成故障原因规则。如下：**If** (k) **Then**(b)**Ckb**(or)**If**(m)**Then**(b)**Cmb**，表示子节点中故障原因 k 和 m 导致父节点发生 b 故障事件，其中 Ckb 和 Cmb 表示影响的百分数。如：**If** 电机损坏，**Then** 出钞系统不能出钞 15%(or)**If** 出钞控制板损坏，**Then** 出钞系统不能出钞 20% (or) **If** 传感器损坏 **Then** 出钞系统不能出钞 16% (or) **If** 吸盘损坏 **Then** 出钞系统不能出钞 10%。结合 PDM 故障生成树的构造过程如图 3 所示：

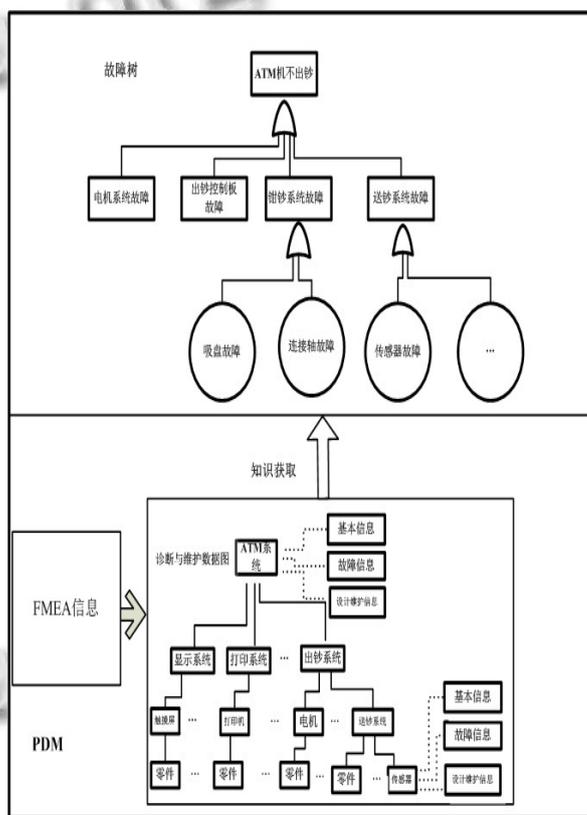


图 3 故障生成树略图

结构树上子节点与其父节点存在着确定性的因果关系，即父节点的故障一般由其子节点的故障所导致的，使得由产品结构树组织诊断知识可以缩小诊断范围，但是不能确定父节点的故障是由哪一个子节点发生的哪种故障所导致的，而这必须借助外来的诊断信息，以获得具体的故障原因。可以利用在产品的设计阶段生成的可靠性模型中的 FMEA 信息提供产品故障知

(下转第 26 页)

系同文件的联系,将联系存储至管理库,关联库中存储的内容大致如下:文件ID|分类属性组ID;分类属性组ID|子分类属性|可用值。系统总体的信息模型关联图,见图5。

2.4 难点

(1) 获取文件或目录的变化。笔者采用DLL注入的方法,将监控文件或目录的逻辑代码封装成DLL注入到Windows的系统文件。

(2) 实现分类体系库的自学习功能。包括两个问题,一是在单机环境下用户分类体系库自我的学习,二是在分布式环境下,用户分类体系库之间的学习借鉴。在单机环境下用户分类体系库的自我学习实际上是对用户历史标引分类行为的归纳,同时设置一定的条件加以演绎,形成新的分类体系,这是一种不断的学习和总结的过程。在分布式环境下,除了单机环境下的分类体系库学习之外,更加重视用户之间的标引学习行为,特别同群用户之间的学习,当然,这是基于个人对自身的定位,比如,你将自己定义为教师,或者更加小的分类:高校教师、中学教师、小学教师等。这是本系统以后的努力目标。

对于海量信息的管理成为我们每个个体无法回避的问题,因此,研究有效地管理方式是当务

之急。本文提出基于分类标引的文件管理系统只是一个小尝试,希望在此基础上,能够构建一个分布式的自学习分类体系库,形成一个基于个体角色的、类似于《中国分类法》的分类体系,用于指导个人信息的管理,提高个人信息管理的效率和水平。

参考文献

- 1 Bergman O, Boardman R, Gwizdka J, Jones W. Personal information management. Proc. of the CHI 2004. ACM SIGCHI Special Interest Group. New York: ACM Press, 2004. 24-29.
- 2 Teevan J, Jones W, Bederson BB. Personal information management. Communications of the ACM, 2006,49:40-43.
- 3 陆小辉,周金付.共享环境下文献分类标引的一致性.图书馆杂志,2005,7:42-43.
- 4 王姗,陈红.数据库系统原理教程.北京:清华大学出版社,1998. 22-25.
- 5 Nguyen DH, Widrow B. Neural networks for self-learning control systems. International Journal of Control, 1991, 54(6):1439-1451.
- 6 王青,祝世虎,董朝阳,陈宗基.自学习智能决策支持系统.系统仿真学报,2006,18(4):924-926.

(上接第233页)

识,它定性定量地分析了上下层节点的各故障模式间的关系。利用PDM中结构树、FMEA信息构建产品数据模型。从产品数据模型中抽取故障知识建立产品故障树,根据故障的权重来进行检查,直到找到正确的故障原因,当然维护信息也可以同理建立相同的维护树,可以及时的进行维护,保证ATM机一直处于良好的工作状态。

4 结论

本文提出了PDM结合FMEA的对金融故障诊断及维护方法,充分利用金融产品从设计到生产相关文档齐全,各零部件参数详细,有着明确统一的标准的特点及金融产品设计阶段的诊断知识,生成故障树。根据故障树可以预先判定金融设备的哪部分需要维护或者是故障的原因,大大提高了工作效率和诊断精度,并以ATM机系统为例进行了说明,验证了其可行性。

参考文献

- 1 陈勇飞. FMEA简介. 机械工程师, 2002, (1): 31-32.
- 2 吴含前,姜澄宇,王宁生. PDM技术的发展. 机械设计, 2000, (12): 2-3.
- 3 费胜巍,孙宇,张登峰,等. 由产品设计知识生产故障诊断与维护知识的方法. 机械设计, 2006, (2): 7-9.
- 4 孙宇,彭强,张晓阳,等. 基于混合结构树的故障诊断技术研究. 计算机集成制造系统, 2005, (7): 1031-1033.
- 5 费胜巍,孙宇,张晓阳,等. 基于产品结构树和FMEA的故障诊断方法研究, 2006, (7): 238-240.
- 6 艾民,张利伟. 自动柜员机的构造及维护. 宁夏科技, 2003, (3): 32.
- 7 姜英武. 自动取款机故障诊断系统ATMDES1.0的设计和实现[硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2006.
- 8 Kalagnanam J. A system for automated mapping of bill-of-materials part numbers. Proc. of the Tenth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. 2004. 805-810.