

并行测试系统资源配置模型

程进军, 肖明清, 夏锐

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

摘要:并行测试是下一代自动测试技术的主要发展方向之一。从并行测试系统的本质概念入手,分析了影响并行测试系统资源优化配置的关键因素,给出了解决问题的思路。研究了并行测试信号模型、测试资源接口模型,以降低系统组建成本和提高测试系统效率为研究目标,提出了并行测试任务优化序列的概念;以此为基础,给出了并行测试资源优化配置方法。

关键词:自动测试系统;并行测试;资源配置

中图分类号: TJ610.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2007)06-0048-04

并行测试(Parallel Test)是指自动测试系统(ATS)在同一时间段内完成多项测试任务,是综合考虑测试时间和测试成本等需求而兴起的一项新技术,是新时代测试的关键技术^[1-3]。

测试资源的复用是并行测试系统的一个主要特征。多项测试任务并发执行,易产生共享资源的冲突,从而导致死锁、饿死的发生,且由于系统的并发性,上述问题往往难以复现^[4-6],加大了并行测试系统的开发难度。对系统资源进行合理优化配置,使并发任务间不发生资源冲突并高效运行,是系统设计开发阶段的关键。

并行测试是武器装备测试领域中的一项新技术,对其资源配置方法研究还处于初始阶段^[7-8]。本文提出了面向对象的资源配置模型,为并行测试系统的开发打下良好的基础。

1 解决问题的思路

并行测试的资源复用结构可显著降低系统的组建成本,同时也带来系统组建过程中资源配置的难题。影响并行测试资源优化配置的因素主要有2点:

1)并行测试软件结构中,测试系统控制器为测试资源提供的服务具有随机性,软件开发人员难以控制每项测试任务的运行时机和占用时间,而测试任务与测试资源关联,这种情形增加了系统研发人员组织测试流程的难度。

2)被测对象信号间交联关系复杂,存在大量激励资源与测试资源配合使用情形,这在单系统测试中,通过一定的逻辑关系调整能够解决,而在并行多任务测试过程中,由于需要考虑资源复用问题,使得问题的解决异常复杂。

上述问题的出现是因为没有将测试任务与测试资源关系理清。研究并行测试资源优化配置的方法是:以并行被测对象信号间的关联关系为研究起点,将并行测试任务分解为一系列数据无关、控制无关、资源无关的子任务,然后使其进入测试控制器,可有效解决并行测试资源配置过程中的资源竞争与冲突问题,达到测试资源有效复用的目标。

后续部分将对并行测试信号间关联关系,并行测试资源描述模型,并行测试资源配置方法展开研究。

收稿日期:2007-03-05

基金项目:国防科技重点实验室基金资助项目(51487020305JB3201);总装备部“十一五”国防预研基金资助项目(51317030103)

作者简介:程进军(1979-),男,湖北枣阳人,博士生,主要从事武器系统检测自动化与智能化研究;

肖明清(1963-),男,湖南常德人,教授,博士生导师,主要从事武器系统检测自动化与智能化研究。

2 并行测试资源配置

2.1 并行测试信号模型

并行测试任务的粒度划分是并行测试系统组建需要考虑的一项重要内容,以被测对象某个信号的测试过程作为系统并行测试任务规划的最小单位,即并行测试任务粒度为单个信号的测试。

为表征被测对象信号间的关系,依照 Petri 网库所/变迁的因果关系,给出如下定义。

定义 1 测试系统中表征被测对象信号间关联特征的可并行测试关联 f_{p-test} 满足

$$f_{p-test} : \cdot (s_a) \neq (s_b) \cdot \wedge \cdot (s_b) \neq (s_a) \cdot \quad (1)$$

式中: $\cdot s$ 为库所(信号测试状态)的变迁输入集(前置变迁), $s \cdot$ 为库所(信号测试状态)的变迁输出集(后置变迁)。式(1)表明:如果信号 a 的前置变迁与信号 b 的后置变迁无关,且信号 b 的前置变迁与信号 a 的后置变迁无关,那么信号 a 和信号 b 就是一对可并行测试信号。

定义 2 测试系统中表征被测对象信号间关联特征的须同时测试信号关联 f_{s-test} 满足

$$f_{s-test} : \cdot (s_u) \neq \cdot (s_v) \wedge (s_u) \cdot \neq (s_v) \cdot \quad (2)$$

式中: $\cdot s$ 表示库所(信号测试状态)的变迁输入集(前置变迁), $s \cdot$ 为库所(信号测试状态)的变迁输出集(后置变迁)。式(2)表明:如果信号 u 和信号 v 同属一个前置变迁,且信号 u 和信号 v 同时触发一个后置变迁,那么信号 u 和信号 v 就是一对须同时测试信号。

定义 3 测试系统中表征被测对象信号间关联特征的前提测试信号关联 $f_{pre-test}$ 满足

$$f_{pre-test} : T_{u-test} \rightarrow S_v \quad (3)$$

式中:“ \rightarrow ”表示欲进入箭头右边的库所状态,必须具备箭头左边的变迁条件。例 $f_{pre-test}$ 表示“ \rightarrow ”右边的信号 c 欲进入测试状态(库所 S_c),必须有“ \rightarrow ”左边的信号 b 测试合格产生变迁 T_b 。

定义 4 测试系统中表征被测对象信号间关联特征的前提源关联 $f_{pre-source}$ 满足

$$f_{pre-source} : T_a \rightarrow S_b \quad (4)$$

同式(3),式(4)中“ \rightarrow ”为欲进入箭头右边的库所状态,必须具备箭头左边的变迁条件。例 $f_{pre-source}$ 表示欲进入“ \rightarrow ”右边的信号 b (响应信号)测试状态 S_b ,必须有“ \rightarrow ”左边的激励信号 a 到达被测对象且作用完毕产生变迁 T_a 。 $f_{pre-source}$ 表示出了激励信号和响应信号之间的关系。

上述 4 种关联关系基本反映了被测对象信号之间的关系。对被测信号的自身属性及它们之间关联关系的分析非常重要,它是组建并行测试系统的基础。

2.2 测试资源接口模型

分析清楚被测对象信号间的交联关系后,需要对信号的输入/输出路径:测试适配器和测量仪器进行描述,给出其接口模型,在此基础上进行测试资源的选型以及测试资源与测试任务的配对。上述测试信号的输入/输出介质从广义上来说均可称为测试资源,按照面向对象的原则,将测试资源构成分为测试资源内部结构、测试资源接口描述和测试资源状态。图 1 描述了测试资源类与测试资源内部结构类、测试资源状态类和测试资源接口描述类 3 个子类的整体与部分的关系。

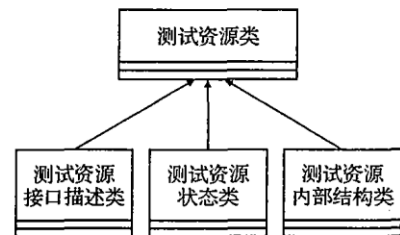


图 1 测试资源的类图

2.2.1 测试适配器接口描述

测试适配器的主要功能是:

- 1) 为测量仪器和被测对象提供合适的信号匹配;
- 2) 为被测信号提供连接到测量仪器的路径。

对测试适配器的接口描述主要关注:功能电路的数量,功能电路的接口特性,功能电路的当前使用状态。

测试适配器 TUA 类由 TUA 状态类,TUA 描述类,TUA 内部结构形态类组成。在测试资源配置过程中主要关注 TUA 状态类和 TUA 描述类,而在测试资源选型过程中需要关注 TUA 内部结构类。

2.2.2 测量仪器资源接口描述

测量仪器类表征了测试系统中最为重要的测试资源,广义上的测量仪器,不但可是信号转换仪器(AD

变换或 DA 变换),而且还可是测试所需的辅助装置,包括红外目标模拟器、气源、液压源和无线电信号模拟器等。测量仪器类的接口关系如图 2 所示。

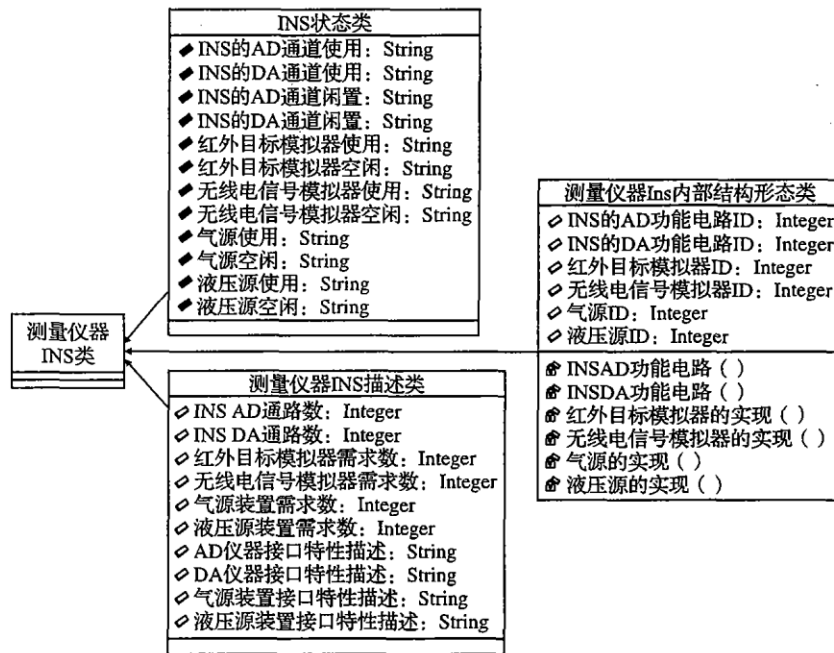


图 2 测量仪器接口描述图

图 2 中,测量仪器类由测量仪器状态类,测量仪器描述类,测量仪器内部结构形态类组成。在测试资源数量计算中,对测量仪器的接口描述主要关注:测量仪器的数量,测量仪器的接口特性,测量仪器的当前使用状态。在测试资源选型中,需关注其结构类。

2.3 并行测试资源配置总体框架

并行测试资源配置过程在被测对象信号交联关系分析、测试资源接口描述的基础上开展,经过并行测试任务的优化、测试资源与任务的匹配,得到并行测试资源的合理配置。

在测试资源类型选型确定的情况下,并行测试系统的测试总时间是由并行被测对象的信号间的固有关联属性决定的。计算出并行系统的测试时间后,可得到系统的并行测试任务结构和测试资源的数量,通过一定相关的逻辑运算,将测试资源与测试任务匹配,得到数据无关、控制无关、资源无关的并行测试任务序列结构,将这些并行测试任务序列送入测试控制器运行,可确保测试资源既能够得到有效复用,又不会资源冲突。并行测试系统资源配置过程总体框图如图 3 所示。

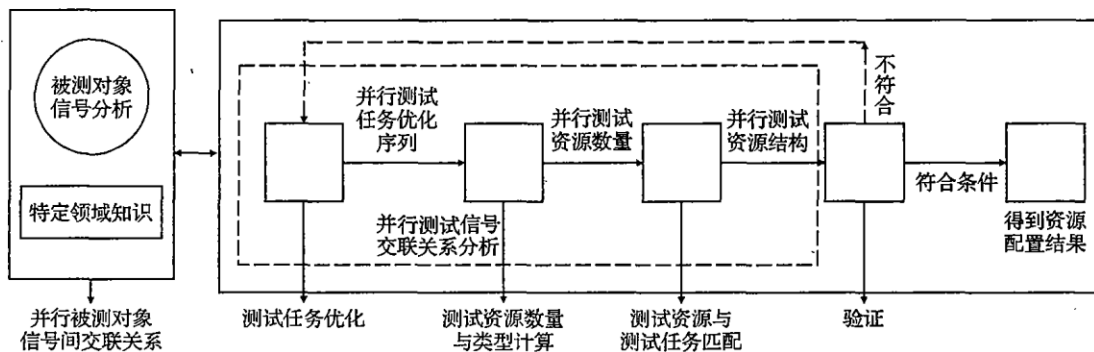


图 3 并行测试系统资源配置过程总体框图

图 3 并行测试系统资源配置过程总体框图详细描述了测试资源的配置过程。系统研究的起点是被测对象的信号间的交联关系分析。测试任务的优化在并行测试信号交联关系分析后进行,此项过程所进行的主要工作是以信号间的交联关系为基础,寻找使系统测试时间最短的任务序列,此任务序列可存在多种。在多种任务序列基础上,搜寻占用测试资源最少的一种,得到测试资源数量最优、测试时间最短的并行测试任务优化序列。将测试资源与测试任务进行匹配,得到资源无关的测试任务序列。对最终的配置结果进行分析,评价其是否达到测试资源占有最少、测试时间占用最短,结果如果为“否”,重新规划并行测试任务序列,如

果为“真”,则得到并行测试资源配置方案。值得注意的是,并行测试任务优化序列的搜寻、测试资源需用数量的计算、测试资源与测试任务的配对均以并行被测对象信号间交联关系分析为基础。

3 结论

并行测试资源的配置需要综合考虑并行测试系统间信号间的关联关系,这是系统研究的起点。优化并行测试任务序列结构是合理配置并行测试资源的前提和基础。论文提出了并行测试资源配置的总体框架,对并行测试优化序列结构的搜寻方法、并行测试资源最小需求数目的计算还需作进一步深入研究。

参考文献:

- [1] McDonnell R. Parallel Test Architectures for Reducing the Cost to Test [EB/OL]. [2006-11-30]. <http://www.ni.com/Developer-zone>.
- [2] 夏锐,肖明清. 空空导弹并行测试平台设计[J]. 弹箭与制导学报,2005,25(1):289-292.
- [3] 于劲松,李行善. 下一代自动测试系统体系结构与关键技术[J]. 计算机测量与控制,2005,13(1):1-3.
- [4] 肖明清,朱小平,夏锐. 并行测试技术综述[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2005,6(3):22-25.
- [5] 胡瑜. 基于有色 Petri 网理论的并行自动测试系统建模研究[D]. 成都:电子科技大学,2003.
- [6] 吴哲辉. Petri 网导论[M]. 北京:机械工业出版社,2006.
- [7] 来可伟,殷国富. 并行设计[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [8] 刘军. 面向并行工程的 CAPP 关键技术的研究与实现[D]. 南京:南京航空航天大学,2001.

(编辑:田新华,徐楠楠)

Research on Parallel ATS Resource Configuration Model

CHENG Jin-jun, XIAO Ming-qing, XIA Rui

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

Abstract: Parallel Test is a main direction for the next generation Automatic Test System. The key factors that influence the parallel test system's resource configuration are analyzed based on the essence conception of Parallel Test. Then the means of resolving the complex problem of the parallel test is given. The signal model of unit under parallel test and the interface model of the test resource are studied. In order to reduce the parallel test system cost and improve the system efficiency, the conception of parallel test optimized task list is put forward. The method of parallel test system's resource configuration is presented based on the conception.

Key words: automatic test system; parallel test; resource configuration model