

构件模型的测试系统演化开发波及效应分析

王银坤^{1,2}, 肖明清¹, 王学奇¹

(1. 空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038; 2. 空军装备研究院 导弹技术勤务研究所, 北京 100076)

摘要:军用ATS系统化开发方法属于当今装备保障研究领域的前沿,且在不断发展之中,需要加强其前瞻性理论和开发方法的研究,以满足军用ATS进一步发展的技术需要。测试系统演化开发作为一种新的军用ATS开发方法,它侧重于对测试系统开发过程的微观分析,以更好地解决需求向实现平坦过渡的问题。针对测试系统演化开发活动中波及效应这一微观特性进行了探讨,提出了一种基于构件模型的方法,通过引入可达矩阵描述,构建影响矩阵,为测试系统演化开发中各种活动的波及效应的分析及相对大小的度量提供了依据。特别对演化开发中构件的删除、增加、修改、合并及分解活动所引起的各种波及效应进行了深入的分析,为顺利实施测试系统的演化开发策略奠定了基础。

关键词:构件模型;演化开发;可达矩阵;影响矩阵;波及效应

中图分类号: TP206 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-3516(2008)02-0060-04

军用ATS作为装备研制的重要手段、产品制造的质保工具,已贯穿于装备的全寿命过程,并直接影响装备的完好性和作战效能。军用ATS开发面临着一个新的课题,即在进行ATS的开发和建设时,需要一种合理而有效的保障机制,以便能够利于分析和设计ATS、利于理解和管理ATS的复杂性、利于在ATS不断进行演进的同时能确保总体性能满足系统需求^[1-6]。测试系统演化开发^[7](evolution development)是针对传统装备测试系统开发和管理过程中遇到的实际问题而提出的解决方案,它强调过程管理^[8],追求对测试系统开发活动的控制,要求开发人员能对开发活动中的各种行为所造成的影响进行切实把握。变化是测试系统演化开发活动中存在的普遍现象,确定每一个变化活动所影响的范围,对开发过程中的变化进行理解和控制,对于实现测试系统的演化开发至关重要。

1 测试系统演化开发基本思想

测试系统开发过程是一个由用户需求驱动的过程,现代测试系统开发过程的复杂性决定了很难在开始阶段就对整个开发过程有一个全面的定义。事实上,我们经常会因为系统开发过程中一些因素的变化而改变设计开发过程,而传统测试系统开发过程的刚性难以适应复杂多变的开发环境,因此,迫切需要一种柔性的过程管理方法来适应变化中的用户需求、设计更改。测试系统演化开发正是为满足这一需求而提出的一种全新的测试系统开发理念。它强调对活动的影响分析,以最大限度地减少因为用户需求以及设计更改所带来的成本增加和开发风险。

2 测试系统构件模型

测试系统中的构件(component)是测试系统构成要素和结构单元。在系统构造过程中,由于抽象层次和

收稿日期:2006-03-01

基金项目:国防预研基金资助项目(413170402)

作者简介:王银坤(1977-),男,湖北孝感人,博士,主要从事武器系统故障检测自动化与智能化方面的研究;

E-mail: JXYLWXQ@sina.com

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。

构造逻辑的不同划分,可能生成不同粒度级的构件元素,对于复杂的构件框架^[9]而言,不仅体现在成员构件的数量和复杂的连接关系上,而且其成员构件本身通常也是复杂的,是由更简单的低层构件集成而来的。因此,一个测试系统结构的实例化框架可被看作是由不同粒度构件依一定的功能及层次划分组成。

为使用构件,必须关注构件提供的外部接口,对构件内部则可以不加考虑,可以看作“黑盒”。构件接口代表了构件在不同环境下的交互内容。由此可见,构件通过接口定义了与外界信息的传递和承担的系统责任,除此之外,环境不应应对构件作任何与接口无关的假设,如实现细节等。

系统通过构件间的交互作用来实现构件的功能,交互作用的两构件间有施加和被施加、影响和被影响的不同^[10]。图 1 是一个简单的测试系统框架,其有向线上的数字表示能够(或需要)提供的单位服务功能的数目。例如,Card B 能够(或需要)给 Card A 提供 4 个 DA 转换通道,Power supply 单元需要给 Card A 提供 +5 V、+15 V 及 -15 V 3 组电源,则其数目应分别标示为 4、3。如果保留图 1 中基本交互关系,则得到如图 2 所示的构件模型,构件 Component1、构件 Component2、构件 Component3、构件 Component4、构件 Component5 和构件 Component6 分别代表图 1 中的 Backboard、Card A、Card B、Card C、Instru 和 Power Supply。

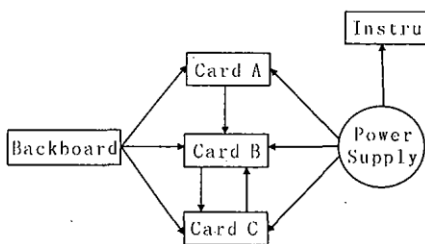


图 1 一个测试系统框架示例
Fig. 1 Sketch of a test system

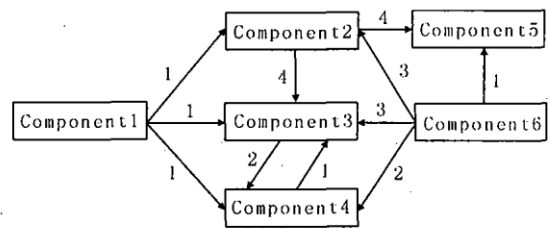


图 2 图 1 的构件模型
Fig. 2 Component model of Fig. 1

该构件模型形象地表达了构件间的交互,为从宏观层面上分析系统演化开发的波及效应提供了足够的信息。如果用 C_1 到 C_6 表示构件 Component1 到构件 Component6, $C_i \hat{m} C_j$ 表示构件 C_i 与构件 C_j 间存在直接关系,且从构件 C_i 指向构件 C_j 时向构件 C_j 提供了 m 个单位服务功能,则构件模型 M_c 可描述为 $M_c = (C_i \hat{m}_{ij} C_j)$, $i, j = 1, 2, \dots, 6$ 。特别地,当 $m_{ij} = 0$ 时表示 C_i 到 C_j 不存在直接的交互。

3 波及效应分析

目前对于各种开发过程中波及效应还没有明确的定义,借鉴文献[9]对软件体系结构演化开发中波及效应的观点,本文将测试系统演化开发的波及效应界定为在测试系统演化开发中,由于用户需求、技术和环境等因素的变化而最终导致的系统设计更改所引起的目标系统的变动,它着重解决系统的结构和需求向实现平坦过渡的问题。

3.1 构件模型的可达矩阵描述

设构件模型的可达矩阵为 $M_R = (C_{ij})$,其中矩阵元素 C_{ij} 表示构件 C_i 与 C_j 之间的连接关系, $i, j = 1, 2, \dots, 6$,若构件 C_i 到构件 C_j 存在有向通路,则其可达矩阵元素 $C_{ij} = 1$, 否则 $C_{ij} = 0$ 。

例如,如图 2 所示的构件模型的可达矩阵为 $M_R = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}$,则由可达矩阵可以直接得出,

构件 C_1 除了构件 C_6 外,到其它构件均可达,而构件 C_6 除了构件 C_1 外,到其它构件也均可达,构件 C_5 到其它构件均不可达,其它构件的连接情况也能从可达矩阵读得。由此可见,通过可达矩阵非常容易界定某一构件变化所影响的其他构件,从而当某一组构件发生变化时,可以圈定被影响或波及到的其他构件。

构件模型的可达矩阵描述为下面分析系统演化开发活动的波及效应及量度其相对大小提供了条件。

3.2 演化开发活动中的波及效应及其量度

假设构件 C_i 到构件 C_j 存在如下两条有向通路: $C_i \rightarrow C_{L1} \rightarrow \dots \rightarrow C_{Ln} \rightarrow C_j$ 和 $C_i \rightarrow C_{p1} \rightarrow \dots \rightarrow C_{pk} \rightarrow C_j$, 则构件 C_i 到构件 C_j 的单位服务功能数 F_{ij} 可表示为 $F_{ij} = \sum (m_{Lij} + m_{pjk})$, 其中 m_{Lij} 和 m_{pjk} 分别表示有向通路 $C_{Ln} \rightarrow C_j$ 和 $C_{pk} \rightarrow C_j$ 上提供的单位服务功能数。例如, C_1 到 C_4 的有向通路分别为 $C_1 \rightarrow C_4$, $C_1 \rightarrow C_3 \rightarrow C_4$ 和 $C_1 \rightarrow C_2 \rightarrow C_3 \rightarrow C_4$, 则 C_1 到 C_4 的单位服务功能数为 $1 + 2 + 2 = 5$ 。

将可达矩阵中各元素替换成相应有向通路上单位服务功能数, 可得构件模型的影响矩阵 $M_I = (F_{ij})$ 。例如, 图 2 所示的构件模型的影响矩阵为

$$M_I = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 6 & 5 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 4 & 2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 3 & 8 & 6 & 5 & 0 \end{pmatrix}$$

根据影响矩阵可以对各个构件的变化对系统影响的大小进行确定和排序。具体办法是: 求取影响矩阵各行的元素之和, 其大小代表相应构件所影响的其他构件的单位服务功能个数。当然, 这个数值越大, 该构件对系统演化开发的影响(贡献)相对值就越大。例如, 图 2 的影响矩阵 M_I 的各行头代表构件 C_1, C_2, C_3, C_4, C_5 和 C_6 对应的各行元素之和分别为 16, 10, 2, 1, 0 和 22, 所以各构件对系统影响的大小排序为 $C_6 > C_1 > C_2 > C_3 > C_4 > C_5$ 。这与实际情况是相符的, 当系统供电单元出现改动时, 可能会影响到所有的工作单元; 而功能板出现改动(功能上出现更改, 但可正常工作)时, 一般只会影响到与之有关联的工作单元。

据此可以对演化开发活动中波及效应进行分析及量度。系统演化开发中的基本活动^[4]具体分析如下:

1) 删除一个构件

如果可达矩阵的第 r 行全为 0, 则可以直接删除构件 C_r 而不会对其他构件造成影响(但会影响系统的功能)。例如, 删除图 2 中的构件 C_5 不会影响其他构件。

如果可达矩阵的第 r 列至少存在一个 1, 则删除此构件 C_r 对与之关联的构件都会发生影响, 其影响的相对大小为影响矩阵第 r 行元素之和。例如, 删除图 2 中构件 C_2 , 会对构件 C_3, C_4 和 C_5 产生影响, 影响相对大小为 10。

2) 增加、修改一个构件

增加一个构件时, 系统的构件模型会发生变化, 进而可形成新的可达矩阵及影响矩阵。根此可得新构件影响到的构件分布并确定影响的相对大小。

构件的修改包括对构件自身结构的调整和功能的增减, 当这种修改没有影响到该构件的外部接口功能时, 系统结构不会发生变化; 反之, 则会影响到与之有关联的构件, 并且这种变化应能由实施构件变更的人员所把握, 即构件模型的可达矩阵可以被唯一确定。

3) 合并构件

在构件的合并过程中, 以构件模型的可达矩阵为依据, 通过对可达矩阵进行分块划分和合并的办法来指导构件的有效合并。需要注意的是, 行划分时要求从第一列构件起始, 至最后一列构件止; 而进行列划分时则要求从第一行构件起始, 至最后一行构件止, 这样才能保证合并后的新构件的一致性。

4) 分解构件

构件拆分的情况与增加构件的情况很相似, 构件拆分后, 可形成新的构件模型, 并得到对应的可达矩阵, 据此可进行相应的波及效应分析, 在此不赘述。

4 结束语

基于构件模型实现了模型的可达矩阵描述, 在此基础上确定了影响矩阵的构造方法, 为测试系统演化开发中各种活动的波及效应的分析及相对大小度量提供了依据。特别对演化开发中构件的删除、增加、修改、合并及分解活动所引起的各种波及效应进行了深入的分析, 解释了每一个变化活动所影响的范围, 为有效地对开发过程中的变化进行理解和控制, 顺利实施测试系统的演化开发策略奠定了基础。

参考文献:

- [1] Smith R S, Vahey W. Value Engineering Charge Proposals for the CASS: Issues and Solutions in Reengineering[J]. Autotestcon, 1995: 1 - 13.
- [2] Susan D. Lucchetta, Dennis E, et al. F - 16 Automatic Test System Acquisition and Sustainment Management - A Case Study in Transformation[J]. Autotestcon, 2003: 576 - 583.
- [3] Burden J, Curry P A, Roby D, et al. Introduction to the Next Generation Automatic Test System(NGATS) [J]. Autotestcon, 2005: 16 - 19.
- [4] Pat Cupo, Kathy Woods. Sustainment of Automatic Test Systems - What 30 Years of System Integration Has Taught Use[J]. Autotestcon, 2005: 554 - 559.
- [5] Chris K, Clendenin. Flexible Test Systems - An Adaptive Architecture to Preserve Existing Investment and Enable Use of Emerging Technologies[J]. Autotestcon, 2004: 45 - 51.
- [6] Wood B. Optimizing System Design for Rapid Development, Fast Execution and Re - Use[J]. Autotestcon, 2003: 58 - 71.
- [7] 王银坤, 刘万俊, 肖明清. 军用测试系统体系结构演化开发过程研究[J]. 微计算机信息, 2006, 22(12): 98 - 100.
WANG Yinkun, LIU Wanjun, XIAO Mingqing. Research of Evolutionary Development Process for Military Test System Architecture[J]. Microcomputer Information, 2006, 22(12): 98 - 100. (in Chinese)
- [8] Zakarian A, Kusiak A. Process Analysis and Reengineering[J]. Computer & Industry Engineering, 2001, 41(2): 135 - 150.
- [9] 王映辉, 张世琨, 刘瑜, 等. 基于可达矩阵的软件体系结构演化波及效应分析[J]. 软件学报, 2004, 15(8): 1107 - 1115.
WANG Yinghui, ZHANG Shikun, LIU Yu, et al. Ripple - Effect Analysis of Software Architecture Evolution Based on Reachability Matrix[J]. Journal of Software, 2004, 15(8): 1107 - 1115. (in Chinese)
- [10] 刘瑜, 张世琨, 王立福, 等. 基于构件的软件框架与角色扩展形态研究[J]. 软件学报, 2003, 14(8): 1364 - 1370.
LIU Yu, ZHANG Shikun, WANG Lifu, et al. Research of Software Frameworks and Role Extension Form Based on Component [J]. Journal of Software, 2003, 14(8): 1364 - 1370. (in Chinese)

(编辑:田新华,徐楠楠)

Analysis of Ripple Effect in Test System Evolution Development Based on Component Model

WANG Yin - kun^{1,2}, XIAO Ming - qing¹, WANG Xue - qi¹

(1. Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China; 2. Missile Technology and Service Institute of Air Force Equipment Academy, Beijing 100076, China)

Abstract: Systematic development approach of military ATS belongs to the front domain of current weapon equipment maintenance and is on developing. So its research in prospective theory and developing method should be strengthened to meet technical requirements of further military ATS development. The test system evolution development approach, as a new method of military ATS development, its emphasis is put on the microcosmic analysis of the development process to get a flat transition from requirement to realization. Ripple effect, as a microcosmic characteristic of test system evolution development process, is studied. First, a component model used to describe test system is presented. Based on the model, reach - ability matrix and effect matrix are created to analyse ripple effect and calculate its quantity. At last, the ripple effects caused by component deletion, addition, modification, division and combination are discussed in detail. The work here laid the foundation for evolution development of test system.

Key words: component model; evolution development; reach - ability matrix; effect matrix; ripple effect