

文章编号：1005-8451（2013）07-0033-04

基于UML的列车自动防护系统测试用例生成方法研究

李晓洁

（西南交通大学 交通信息工程及控制，成都 610031）

摘要：文章研究基于UML的列车自动防护系统测试用例的生成方法。对基于UML的列车自动防护系统测试技术进行分析，采用UML生成XML测试脚本的3层设计方法，分别从概念层、逻辑层和物理层对列车自动防护系统进行描述，通过转换规则与对应关系，生成XML Schema形式的测试用例。

关键词：ATP；UML自动测试技术；XML

中图分类号：U284.2 : TP39 **文献标识码：**A

Research on method of test case for ATP System based on UML

LI Xiaojie

(School of Traffic Information Engineering and Control, Southwest Jiaotong University,
Chengdu 610031, China)

Abstract: This thesis was mainly focused on the method of the test case for the ATP System, analyzed the test technology for the ATP System based on UML. A three layers designing method was used to describe the ATP System in concept layer, logic layer, and physical layer. By using transform rules and corresponding relation, the test case in XML Schema was generated.

Key words: ATP; UML automatic test technology; XML

列车自动防护系统是列车控制系统的重要组成部分，对列车安全负有直接责任，因此对其进行全面的功能测试，确保其正确完成系统需求规范所要求的功能，对高速铁路建设具有十分重要的意义。本文主要研究如何将UML自动测试技术引入到列车自动防护系统的测试中。

1 列车自动防护系统分析

列车自动防护（ATP，Automatic Train Protection）系统作为列车自动运行控制系统的重要组成部分，其主要任务在于保证行车安全、防止列车进入前方列车占用的区段以及防止列车超速运行。ATP系统属于安全苛求系统，对列车安全负有直接责任，因此，对ATP设备进行系统功能测试等评估测试工作具有重要意义。

ATP系统属于大规模集成系统，若采用传统

测试方法对其进行安全评估测试，不但无法保证测试的科学性与严密性，还会因为测试工作的重复性耗费大量的时间、成本、人力和物力资源。因此，将自动测试技术引入ATP系统的测试很有必要。基于UML的自动测试技术是近年来自动测试技术发展的主流趋势，本文以ATP系统的动态速度监控功能为例，采用此方法对ATP系统测试进行分析。ATP系统的动态速度监控用例图如图1所示。

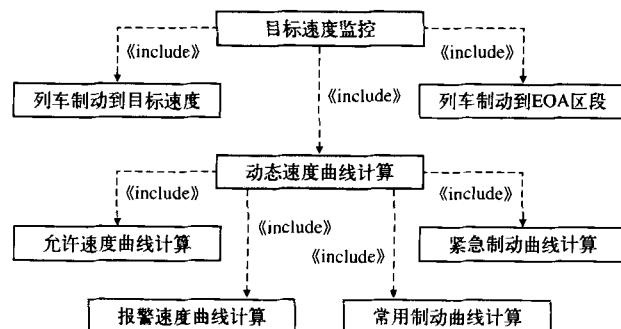


图1 ATP系统的动态速度监控用例图

收稿日期：2012-12-16

作者简介：李晓洁，在读硕士研究生。

2 基于UML的自动测试技术

在软件测试过程中，测试用例和数据设计是非常困难和繁重的工作。测试用例的生成方法主要有2种：基于代码的测试用例生成和基于规格说明的测试用例生成。

基于代码的测试用例生成并不适用于大规模的集成测试和系统测试，ATP车载系统属于大规模集成系统，在开发用于ATP系统的测试用例时，本文选择基于规格说明的测试用例生成方法。

基于UML的软件测试的优点在于比其它的形式化方法具有更广泛的适用性。通过将系统需求规范转换成标准的UML模型，并将其作为测试需求的直接来源，驱动整个测试过程。基于UML的软件测试过程如图2所示。

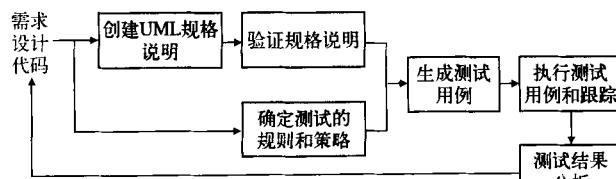


图2 基于UML的软件测试过程

要使UML支持软件测试，首先需要研究UML模型的可测试性，针对不同类型不同阶段的测试，给出严格的可测试的UML模型^[1]。可测试性问题实际上就是研究一个UML模型是否包含足够的信息来产生测试用例的问题。

一个可测试的模型需要满足的条件有：

- (1) 模型是对被测系统完整且准确的描述，而且还描述了所需测试的所有功能特性；
- (2) 模型是对系统细节的抽象描述；
- (3) 模型保留了被测系统中有利发现错误和验证系统一致性的关键细节；
- (4) 对状态模型而言，模型应该描述了所有的动作、状态和事件，并且对所有状态进行了明确的定义。

UML作为一种半形式化的建模语言，具有高度的灵活性，因此在建模的过程中，只要遵循了UML的语法和语义，并且遵循一定的建模方法，得到的UML模型是可以达到可测试性标准的。

建立了良好可测的UML模型后，就需要进一步研究如何从UML模型生成测试用例，自动测试技术要求测试用例具有良好的通用性和可移

植性，使用XML规范来对测试用例进行描述满足上述要求，因此本文采用基于XML的测试用例描述方法。

3 基于XML的测试用例生成方法

3.1 概述

可扩展标记语言（XML）是一种通用语言规范，它以一种开放的自我描述方式定义数据结构，在描述数据内容的同时能突出对结构的描述，从而体现出数据之间的关系^[2]。

测试用例是测试系统与被测系统的交互信息集合，包括输入序列、期望的系统执行操作序列和期望的输出序列。其本质就是一种数据对象，因此使用XML描述这种数据对象有着相当的优势。

本文采用一种从UML到XML Schema的3层设计方法来实现从需求分析的UML模型到XML测试脚本的转化方法。这种3层设计方法是基于UML类图实现的^[3]，其设计思路如图3所示。



图3 从UML生成XML测试脚本的3层设计方法

该过程可以描述为3个步骤：(1)根据系统需求规范，创建所需测试系统的UML图。在创建过程中，要遵守可测试建模规则；(2)根据一系列的转换规则，将概念层的UML图转换为使用XML Schema说明的逻辑层UML类图；(3)根据逻辑层UML类图，导出XML Schema文档^[4]。

3.2 逻辑层UML类图构建

概念层模型无法直接转换为XML Schema，这是由于概念层模型中的数据类型以及类之间的关系等与XML Schema之间没有必然关联，而且概念层模型中没有对类的结构从属和嵌套关系的定义，所以需要根据XML Schema定义的构造型来构建逻辑层的UML类图^[5]。

(1) 对UML中定义的符号进行扩展，即用UML类图表示XML Schema中的概念。UML提供了特有的扩展机制，包括构造型、约束和标签值。在构造逻辑层类图模型时，只用到构造型扩展机制，这是由于基于一个已经存在的模型元素来定义一种新的模型元素时，构造型的信息内容和形式与已经存在的基本模型元素相同，只是其含义

和使用不同。这样就能使 XML Schema 中的元素类型嵌入到逻辑层模型中。

(2) 需要通过这些扩展过的构造型对属性的数据类型进行转化。在逻辑层模型中, 有3种适用于描述各种数据类型的构造数据类型: XSDSimpleType、SimpleType 和 ComplexType, 这3种类型分别对应于 XML 模式中的内置简单类型、简单类型和复杂类型。其转化规则如下:

a. 属性中的数据类型若是内置简单数据类型, 则将其直接转化为 XSDSimpleType 构造型, 仅在数据类型前加上 xsd, 表示该数据类型是逻辑层的内置数据类型。例如, string 可以直接映射为 xsd:string。

b. 属性中的数据类型若是仅在内置简单数据类型上进行了一定限制, 如枚举类型、列表类型和对数据的上限下限进行限定等, 则将该数据类型转换为 SimpleType 构造型。在其中将限制内容设定为属性和值, 并被一个 XSDSimpleType 约束。

c. 属性中的数据类型如果是具体类, 则将其转换为 ComplexType 构造型。

(3) 要确定类的关系走向。将类表示成结构化的关系, 即通过类之间的关系确定类的嵌套关系。

根据以上规则, 以列车自动防护系统中动态曲线生成功能为例, 可以构造其逻辑层 UML 类图, 如图 4 所示。

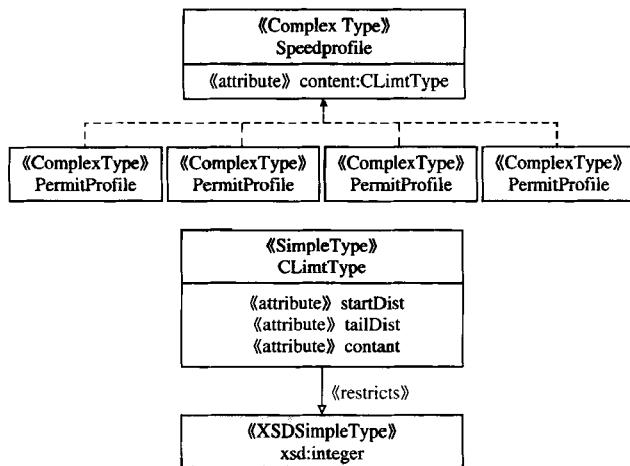


图4 动态曲线计算的逻辑层UML类图

3.3 物理层测试案例生成

物理层测试案例是从逻辑层的模型映射得到的 XML Schema, 由于在构建转换逻辑层模型时已经用到了根据 XML Schema 定义的构造型, 所以映射关系为互相对应的, 映射方法如下:

表1 结构对应关系: 物理模型中的元素、数据类型及关系
用逻辑模型表示

逻辑模型中构造型名称	物理模型中的成员	概念模型中UML元素
《element》	元素	类
《XSDSimpleType》	内置简单类型	类
《SimpleType》	简单类型	类
《ComplexType》	复杂类型	类
《Extension》	继承	泛化关系
《Restriction》	限制	泛化关系

表2 文档包含对应关系: 物理模型中的模式文档包含关系
用逻辑模型表示

逻辑模型中的构造型名称	XML模式中的成员	概念模型中UML元素
《schema》	模式文档	包
《include》	include	依赖关系
《redefine》	redefine	依赖关系
《import》	import	依赖关系

表3 内容模型及类型对应关系: 物理模型中的内容模型
以及类型用相应的逻辑模型表示

逻辑模型中构造型名称	XML模式中的成员	概念模型中UML元素
《sequence》	sequence	类
《choice》	choice	类
《all》	all	类
《group》	group	类
《attributeGroup》	attributeGroup	类
《ComplexType》	ComplexType	类
《attribute》	attribute	属性
《element》	element	属性
《globalelement》	全局元素	属性
《globalattribute》	全局属性	属性
《any》	any	属性
《contentType》	contentType	属性

根据以上对应关系, 可以写出图 4 的物理层 XML Schema 文档, 由于篇幅有限, 此处仅对其进行部分描述:

```

<xsd:ComplexType name=" SpeedProfile" >
    <xsd:attribute name=" type" >
        <xsd:SimpleType>
            <xsd:restriction>
                <xsd:attribute name=" startDist" type=" xsd:integer" />
                <xsd:attribute name=" tailDist" type=" xsd:integer" />
                <xsd:attribute name=" contant" type=" xsd:integer" />
            </xsd:restriction>
        </xsd:SimpleType>
    </xsd:attribute>
</xsd:ComplexType>

```

(下转 P39)

程相匹配，只有在此基础上才能体现设置区域线路中心的优势，资源的整合与共享才能更加合理有效。

3.4 已有建设成果的继承

目前，西安地铁已建成 2 号线 AFC 系统和小清分系统，1 号线 AFC 系统正在建设实施，将于 2013 年 9 月建成。为了保证建设的延续性，使得后期建设是完全建立在已有建设成果之上，最大程度的降低对已有系统的影响，确保系统建设质量及进度，线网 AFC 系统架构的进一步细化以及区域线路中心的建设实施应尽量参考已有系统的相关技术文档，避免对已运行系统的大规模改造，并最大程度的降低对原始数据和参数结构的改动。

4 结束语

随着西安地铁建设步伐的加快，作为地铁运营管理的核心系统，线网 AFC 系统的建设是一项复杂而艰巨的系统工程，系统架构的规划与设计对于整个线网 AFC 系统的建设起着至关重要的作用，这也是地铁线网化运营的基础。本文在对西安地铁 AFC 系统建设概况总结分析的基础上，参考了其它城市建设经验，对西安地铁线网 AFC 系统架构的规划与设计进行了探讨，提出了构建基于区域线路中心的线网 AFC 系统架构的设计思

路，以期为后续建设工作的顺利展开提供可供参考的技术方案。

参考文献：

- [1] 西安市地下铁道有限责任公司、中铁第一勘察设计院. 西安市城市快速轨道交通线网规划 [R]. 西安：西安市地下铁道有限责任公司，中铁第一勘察设计院. 2005.
- [2] 西安市地下铁道有限责任公司、中铁第一勘察设计院. 西安市城市快速轨道交通建设规划调整 [R]. 西安：西安市地下铁道有限责任公司，中铁第一勘察设计院. 2009.
- [3] 于江波，王浙君. AFC 系统标准化建设的技术探讨 [J]. 现代城市轨道交通，2012 (1): 4-7.
- [4] 西安市地下铁道有限责任公司. 西安市地铁二号线一期工程自动售检票系统集成采购项目招标文件 [R]. 西安：西安市地下铁道有限责任公司，2009: 61-62.
- [5] GB/T 20907—2007 城市轨道交通自动售检票系统技术条件 [S]. 北京：中华人民共和国质量监督检验检疫总局，中国国家标准管理委员会，2007.
- [6] 李道全，赵华伟. 多线共用 AFC 系统线路中心设计探讨 [J]. 都市快轨交通，2012 (10): 71-74.
- [7] 吴娟，徐钟全，毛建. 南京地铁 AFC 区域线路中心的规划设计 [J]. 铁路通信信号工程技术，2012 (10): 63-65.
- [8] 胡冬，杨洋. 南京地铁 AFC 系统区域线路中心建设需求分析 [J]. 科技信息，2011 (35): 51-52.

责任编辑 徐侃春

(上接 P35)

```
</xsd:SimpleType>
</xsd:attribute>
</xsd:ComplexType>
```

4 结束语

本文对列车自动防护系统测试用例的生成方法进行了描述，以 ATP 系统动态速度监控功能为例，采用由 UML 生成 XML 测试脚本的 3 层设计方法，从构建测试案例的概念层 UML 图开始，使用转换规则及对应关系，最终生成了测试案例的 XML Schema 文档。这种方法基于统一建模语言 UML，采用可扩展标记语言 XML 来对测试案例进行描述。生成的测试文档具有通用性，有利于自动化测试技术的展开和发展。

由于列车控制系统的复杂性，其自动化测试

技术的实现依然存在诸多难点，在得到了测试用例之后，如何分析其可行性，具体生成实际测试中的测试序列，依然是未来研究的重点。

参考文献：

- [1] 徐宏喆，陈建明.UML 自动化测试技术 [M]. 西安：西安交通大学出版社，2006, 8.
- [2] 高怡新.XML 基础教程 [M]: 北京：人民邮电出版社，2006, 11.
- [3] Routledge N, Bird L, Goodchild A.UML and XML schema [J]. Australian Computer Science Communications, 2002, 24(2):157-166.
- [4] David Carlson, Modeling XML Applications with UML-Practical e-Business Applications[M]. Pearson Education, 2001.
- [5] 王明文，朱清新. 基于 UML 的 XML Schema 设计 [J]. 电子科技大学学报，2006, 35 (3): 389-391.

责任编辑 方圆