 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i6.6038

Research on the construction method of software task test scenario model for information equipment

Meichen Wang Zhaowei Xu Ran Yan Kai Zhang

China State Shipbuilding Corporation Limited Comprehensive Technical and Economic Research Institute, Beijing, 100081, China

Abstract

The construction of task test scenarios is a critical component in the testing of information equipment software systems. Traditional testing methods focus solely on functional points and fail to verify the success of test tasks. This paper introduces a method for constructing task test scenario models for information equipment software. By analyzing the logical behaviors, timing relationships, and interface data among task scenarios, this method improves and expands UML basic modeling elements based on UML sequence diagrams, defining the elements required for constructing task scenario models. It then combines these elements to construct both the task environment and execution scenario models. Following the task flow, it generates a graphical model of the task test scenario. The task test scenario model proposed in this paper clearly illustrates the logical behaviors between tasks and, when combined with XML test case generation technology, significantly enhances the su

Keywords

UML, test scenario model construction, task reliability testing

信息化装备软件任务测试场景模型构建方法研究

王梅晨 许兆伟 闫然 张凯

中国船舶集团有限公司综合技术经济研究院，中国 · 北京 100081

摘 要

任务测试场景构建是信息化装备软件系统测试的关键技术环节，传统的测试技术只关注功能点，不能验证测试任务的成功性。本文提出了一种针对信息化装备软件的任务测试场景模型构建方法：通过分析任务间逻辑行为、时序关系、接口数据等任务场景要素之间的关系，依据UML顺序图定义，对UML基本建模元素进行改进与拓展，定义任务场景模型构建要素；然后结合定义的任务场景模型构建要素，构建任务环境场景模型和任务执行场景模型；按照任务流程，生成任务测试场景的图形化模型。本文提出的信息化装备软件任务测试场景模型能够清晰的展示任务间的逻辑行为、结合XML测试用例生成技术，能够明显提高任务测试的成功性。

关键词

UML,测试场景模型构建，任务可靠性测试

1 引言

任务可靠性测试技术是根据软件实际使用情况对任务流程进行测试。信息化装备软件通常负责执行复杂的任务，这些任务往往具有多步骤、多参与者、多交互过程的特点。在信息化装备软件设计过程中，严格且复杂的时序和逻辑关系是系统设计者必须考虑的内容。因此，对于信息化装备软件的任务可靠性测试，最关键的是如何对任务场景进行描述，也就是说如何将任务间的逻辑行为、时序关系、接口数据等要素进行正确的表述。UML 顺序图能够描述测试场景中参与交互的对象及对象之间消息交互过程，因此本文基于 UML 顺序图开展信息化装备软件测试任务场景模型构建方法的研究，中心思想是基于任务流程，结合 UML 图形化建模元素，分析任务场景要素，依据任务场景要素关系，对任务流程进行描述，生成任务测试场景模型。

2 任务测试场景模型构建框架

任务测试场景模型基于任务流程，是对任务流程的仿真，使用图形化建模元素对任务流程进行描述。首先，通过任务执行过程中子任务动作时序、子任务动作逻辑和子任务动作实体，结合 UML 顺序图建立任务测试场景图形化建模元素；然后，利用场景图形化建模元素对任务环境流程和任务执行流程进行分析建模，生成任务环境场景建模和任务执行成精建模；其次，依据生成的任务环境场景模型和任务生成场景模型构建任务场景模型；最后，结合具体信息化装备

【作者简介】王梅晨（1996–），女，回族，中国宁夏人，硕士，工程师，从事软件测试研究。

软件任务，进行任务场景分析建模，给出典型的任务测试场景示例。任务测试场景模型构建研究的框架如图所示：

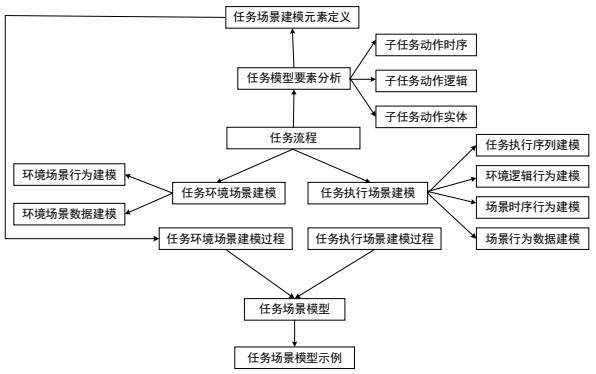


图 1–1 任务测试场景模型构建框架

3 UML 顺序图与任务测试场景要素分析定义

3.1 UML 顺序图

UML 顺序图主要是对面向对象软件中对象交互过程建模，其建模元素能够通过按时间顺序的消息序列构建对象之间的交互关系。借助一个五元组，可以将 UML 顺序图 SD 表示为：SD={O,M,E, → ,obj}。其中，

O={O1,O2,O3,⋯,Om} 是对象的集合 ,O1,O2,O3,⋯,Om 都是顺序图中的对象。

M⊆guard × message_name × parametter_list, 是消息的集合，顺序图中每一条消息都表示为：“[约束] 消息名 (参数)”。

E=M × {s,r} 是事件的集合。事件主要是消息的发送和接收。对于消息 msg, 接收消息表示为 <msg,r>, 发送消息表示为 <msg,s>. 顺序图中所有接收消息事件的集合为 R，所有发送消息事件的集合为 S，且存在关系：R ∩ S=∅，R ∪ S=E。

→是消息集合 M 上的一个全序关系，表示顺序图中的消息 msg 在时间维上的先后关系。

Obj 是 E 到 O 的函数关系，事件 e 对应的对象表示为 obj(e) ∈ O, 对象 Oi 上的所有事件的集合为 Eij，Eij={e ∈ E ∧ obj(e)=Oi}。

3.2 任务测试场景分析

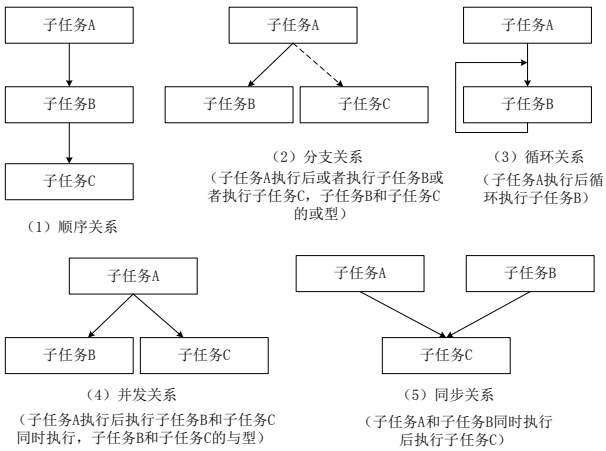
任务测试场景是对系统任务中的实体 (构件、外部设备、外部平台、操作人员等) 交互过程建模，这与 UML 顺序图的定义相似。但是在进行任务测试场景建模过程中，实体交互的逻辑关系、时序关系和交互数据更为复杂，为准确描述任务测试场景的实体接口和数据、实体交互的逻辑关系和时序关系以及实体交互数据，需对实体的逻辑关系、时序关系、信息等任务测试场景建模要素依据 UML 顺序图进行分析与拓展。

3.2.1 实体

实体即为子任务的执行者，任务测试场景中实体主要包括构件、外部设备、外部平台、操作人员。构件是子任务活动的主要实体，构件部署在显控台上，同一构件在不同台位上冗余配置，且同一构件只有一个激活，因此任务测试场景中只表示激活的构件；例如：外部设备、外部平台是任务执行中与构件进行交互的外部实体；操作人员是在任务执行中与人机构件进行界面交互的实体。

3.2.2 逻辑行为

逻辑行为是指子任务间的逻辑关系。设子任务 A、子任务 B、子任务 C。通过分析任务测试场景中任务逻辑关系角点关系，可得任务流程中子任务之间存在 5 种逻辑关系，如下图所示：



通过 UML 顺序图进行拓展，逻辑触发行为映射关系如下所示：

表 2–1 逻辑触发行为映射表

逻辑触发行为	UML
顺序关系	自返回消息或同步或异步
分支关系	同步或异步消息
循环关系	同步或异步消息、约束
并发关系	同步或异步消息 + 约束
同步关系	同步或异步消息 + 约束

根据任务构件接口行为分析，从行为触发角度上，任务的逻辑触发行为还可以如下概括：顺序型触发行为、周期型触发行为、同步型触发行为、异步型触发行为、反馈型触发行为、条件型触发行为、时间型触发行为、界面型触发行为。其逻辑触发行为映射关系如表 1 所示：

表 2–2 逻辑触发行为映射表 1

逻辑触发行为	UML
顺序型触发行为	异步消息
周期型触发行为	异步消息 + 约束
同步型触发行为	同步消息
异步型触发行为	异步消息
反馈型触发行为	返回消息
条件型触发行为	异步消息 + 约束
时间型触发行为	异步消息 + 约束
界面型触发行为	异步消息

3.2.3 时序关系

时序关系指流程中子任务的行为时序关系。假设子

任务 A 和 B，其时刻为 SA 和 SB，终止时刻为 TA 和 TB（TA>SA,TB>SB）在任务测试场景中，各任务均遵循同一时间轴。根据这 4 个时间点可总结出 2 个任务间存在的 7 种时序关系，依据 UML 顺序图要素分析，得到映射关系如图表示：

表 2–3 时序关系映射表

时序关系	关系表示	UML
前后时序关系	SA<TA<SB<TB	前后时序
连接时序关系	SA<TA=SB<TB	部分重叠时序
重叠时序关系	SA<SB<TA<TB	部分重叠时序
同时结束时序关系	SA<SB<TA=TB	包含重叠时序
包含时序关系	SA<SB<TB<TA	包含重叠时序
同时开始时序关系	SA=SB<TA<TB	包含重叠时序
重合时序关系	SA=SB,TA=TB	完全重叠时序

3.2.4 消息

消息是子任务的动作行为输出的数据对象，即构件或实体发送的数据。这里的消息是个广义的概念，可以是网络报文、文件数据、界面数据等，其中网络报文可分为数据报文、控制报文和状态报文。在任务测试场景中，子任务间通过接口进行消息传递，一般不同的接口传递的数据不同，服务总线（DDS）接口、TCP/UDP 网口、串口、CAN 接口传递数据报文，FTP 网口传递文件数据，人机接口传递界面数据，因此采用 UML 顺序图进行描述时，将数据接口和数据进行组合描述。

4 任务测试场景模型构建

对任务测试场景建模，其实是对任务的环境与任务执行流程进行仿真。任务环境是任务的前置条件，是系统任务的重要影响因素；任务执行流程的仿真，是覆盖从任务开始的情况判断、作战计划制定、作战实施到任务结束整个任务的过程，因此完整的任务测试场景模型，必然包括任务环境场景模型与任务执行场景模型。

4.1 任务环境场景模型构建

任务环境场景模型描述战场区域的水文、气象、我方目标、敌方目标等信息，包括环境场景行为模型和环境场景数据模型。环境场景数据模型又包括气象场景、水文场景、我方 / 敌方目标场景等数据模型。本文给出了具体的任务环境场景模型。

环境场景行为模型：EM={ID,Name,Cate,Entity,Interface,data,C}，其中，ID 是标识，是唯一的；Name 是模型名称，C 为类别，Entity={sender_entity,receiver_entity},sender_entity 和 receiver_entity 分别为发送实体和接收实体；Interface 代表实体接口，data 为发送的数据模型，C={C1,C2,C3,C4} 是发送行为特征的集合，包括一次性发送、并发发送、周期性发送及发送周期。

环境场景数据模型：SM={ID, Name,date}, 其中 ID 是标识，是唯一的；Name 是模型名称，date 为模型数据，date 的参数取决去数据模型的具体类型：气象场景数据模型中 data 包括：区域、时间、天气、风向、风速、温度、湿度、能见度等参数；水文场景模型数据中，data 包括：海深、海况、海流方向、海流速度、海水温度等参数；我方目标场景模型中，data 包括：平台批号、平台类型、平台数量、平台方位、平台速度等参数；敌方目标场景模型中 data 包括：目标数量、目标种类、目标威胁等级、目标时间、目标距离、目标速度、目标航向等参数信息。

4.2 任务执行场景模型构建

任务执行场景模型建立在任务环境场景模型之上，包括场景执行序列模型，以及场景执行序列模型中的场景逻辑行为模型、行为时序模型、行为数据模型。本文给出了具体的任务执行场景模型。

场景执行序列模型。描述了从任务开始点到任务结束点的多个任务路径的执行序列。场景执行序列包括正常执行序列，以及各种流程异常下的执行序列，场景执行序列通过对任务执行流程进行深度有限搜索生成，模型定义如下：

EM = (ID, Name, Seq, Elem, Entity, Action, Timing)；其中 ID 是标识，是唯一的；Name 是模型名称；Seq = {S1, S2, ..., Sn} 是执行序列集合；Elem = {E1, E2, ..., Em} 是执行序列要素集合；entity={sender_entity,receiver_entity},sender_entity 和 receiver_entity 分别为发送实体和接收实体；Action = {Act1, Act2, ..., Actl} 是逻辑行为集合 , 包括逻辑触发行为和逻辑关系行为；Timing = {T1, T2, ..., Tp} 为行为时序集合。

场景逻辑行为模型。描述场景执行序列中交互的实体的逻辑行为，包括单个实体逻辑触发行为和多个实体间逻辑关系行为：

AM={ID, Name,Act1i，Act2i}，其中 ID 是标识，是唯一的；Name 是模型名称；Act1i={Act11,Act12...,Act1l} 为逻辑触达行为集合，Act1i={Act21,Act22...,Act2l} 位逻辑关系行为集合。

行为时序模型。描述场景执行序列中实体的逻辑行为的时序关系：

TM={ID, Name,N,T}, 其中，ID 是标识，是唯一的；Name 是模型名称；N={N1,N2, ..., Np} 为场景时序号集合；T={T1,T2, ..., Tp} 为时序关系行为集合。

行为数据模型。描述场景执行序列中实体的逻辑行为操作的数据：

DM={ID, Name,Interface,data}, 其中，ID 是标识，是唯一的；Name 是模型名称；Interface={I1,I2..., In} 为实体接口，包括：服务总线（DDS）接口、UDP 网口、FTP 网口、串口、CAN 接口、人机接口等，data 则对应为网络报文、文件数据、界面数据等。

5 任务测试场景模型生成

任务测试场景模型生成依据任务环境场景模型和任务

执行场景模型，抽取模型要素，将其映射到 UML 顺序图场景建模元素；按照任务流程，将模型要素替换为图形化建模元素进行绘制。具体构建过程如下：

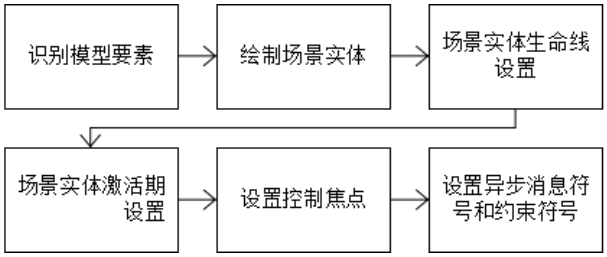


图 4–1 任务测试场景模型生成步骤图

5.1 识别模型要素

根据环境场景行为模型和数据模型，确认环境场景模型要素，包括：发送实体、接收实体、实体接口、逻辑行为、数据、时序关系；根据任务执行场景模型，确认场景模型要素，包括：发送实体、接收实体、实体接口、逻辑触发行为、逻辑关系行为、行为时序关系、行为数据。

5.2 绘制场景实体

场景实体的建模元素，按照对应顺序进行排列，在 UML 顺序图场景模型中绘制场景实体。其中任务环境模型按发送实体到接收实体进行排列，任务执行模型按照任务执行序列中的实体进行排列。

5.3 场景实体生命线设置

使用生命线建模元素，为每个场景实体设置生命线，确定哪些实体存在于整个任务执行过程中，哪些实体在任务执行过程中被创建和撤销。

5.4 场景实体激活期设置

使用激活期建模元素，在场景实体生命线上设置激活期，确定任务场景中实体的激活期限。任务环境激活期直接设置在环境场景实体生命线上；任务执行激活期则根据任务执行序列中实体逻辑关系行为持续时间，在实体生命线上设置。

5.5 设置控制焦点

环境场景根据逻辑行为和时序关系要素，在实体的激活期上设置控制焦点，表示实体行为动作的开始和结束时间。任务执行场景根据实体逻辑触发行为要素，在实体的激活期上设置控制焦点，表示实体逻辑触发行为动作的开始和结束时间。

5.6 设置异步消息符号和约束符号

任务环境场景使用异步型和周期型触发行为建模元素，对环境场景发送实体控制焦点和接收实体激活期的连接。任务执行场景根据场景行为数据类型，选择相应的消息符号，控制报文、界面数据选择同步消息符号，数据报文、FTP 文件数据选择异步消息符号，状态报文选择返回消息符号；根据逻辑行为选择相应的约束符号。按照任务执行序列顺序，使用选择的消息符号和约束符号连接执行序列中的实体。

6 总结

在信息化装备软件任务测试场景模型构建方法研究中，首先对描述任务测试场景的实体、逻辑关系、时序关系、消息等任务测试场景要素依据 UML 顺序图进行分析与拓展；随后分别对任务环境场景和任务执行场景两部分建模，构建出任务环境场景模型和任务执行场景模型；本文提出的信息化装备软件任务测试场景模型构建方法，能够清晰、准确地描述任务场景中要素间的逻辑和时序关系，为信息化装备软件的任务可靠性测试的场景描述提供新思路。后续结合 XML 测试用例生成方法能够利用测试任务场景模型生成测试用例，可进一步提高任务测试的效率和成功性。

参考文献

[1] 李志强,邵培南,朱辉.基于UML顺序图的测试用例生成[J].计算机工程, 2010, 36(22):3.

[2] 梁镇彬,李敬辉,姜军.基于ARIS软件的航母编队对海作战流程仿真及优化[J].计算机与数字工程, 2019, 47(3):5.

[3] Sahoo R K , Derbali M , Jerbi H ,et al.Test Case Generation from UML-Diagrams Using Genetic Algorithm[J]. Computers, materials, and continuum , 2021(5):16.

[4] Li M , Shen Z , Yan R .Research on task reliability test case generation technology based on XML tag description[C]//2022 International Conference on Data Analytics, Computing and Artificial Intelligence (ICDACAI).0[2023-06-27].

[5] Feng Qiuyan. Generation method of System-level Test cases based on UML model [J]. Computer applications, 2014, 34(1):5.

[6] Zhong J .The UML modeling elements analysis[C]//3d International Conference on Advanced Information & Communication Technology for Education.2015.

[7] Al-Fedaghi S .UML Sequence Diagram: An Alternative Model[J]. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 2021, 12(5).

[8] Torres B A , Iborra A , Sanchez P ,et al.Experiences on the Product Synthesis of Mechatronic Systems using UML in a Software Architecture Framework[J]. 2022.

[9] Bin Z , Bo T .Flat Wagon Loading Data Modeling and Multi-element Analysis Based on UML[J].Computer Knowledge and Technology, 2010.