

# 基于WF State Machine的UML Communication Diagram 动态构建及测试

孔令东

(盐城工学院信息工程学院, 江苏 盐城 224051)

**摘要:** 在基于UML的业务流程分析与设计过程中,从静态模型分析到动态模型构建,经过一系列抽象转换和代码实现,往往满足不了业务需求,缺少一种所见即所得的业务过程实现。在探索UML Communication Diagram和WF State Machine业务流程映射关系的基础上,选取UML用户指南中典型案例,研究从Communication Diagram到State Machine编程模型之间的静态映射和动态规则转换,基于WF可视化地实现了动态构建与测试,解决了从分析、设计到构建的无缝转换。

**关键词:** UML; Communication Diagram; WF; State Machine

**中图分类号:** TP311.51 **文献标识码:** A

## Dynamic Construction and Testing of the UML Communication Diagram Based on WF State Machine

KONG Lingdong

(School of Information Technology, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224051, China)

**Abstract:** During the period of business process analysis and design based on UML, the process from static model analysis to dynamic model construction is in lack of a WYSIWYG business process implementation and usually can not meet the business requirements after a series of abstract transitions and code implementations. On the basis of exploring the mapping relationship between UML Communication Diagram and WF State Machine business process, a typical case is selected from the UML users guide, and the static mapping as well as dynamic rules transition between Communication Diagram and State Machine is studied in this paper. The dynamic construction and testing is realized visually based on WF, solving the problem of continuous transition among analysis, design and construction.

**Keywords:** UML; Communication Diagram; WF; State Machine

### 1 引言(Introduction)

UML(Unified Modeling Language)作为标准建模语言,适用于面向对象的业务流程分析与设计,但在具体的开发构建中,经过层层迭代<sup>[1,2]</sup>,存在语义上的不一致和不精确等缺点,不利于进行形式化的分析和验证。在UML1.x协作图基础上改进而来的UML2.0通信图,强调对象之间结构关系的通信交互,但缺乏对静态语义和动态语义的可视化编程实现<sup>[3-5]</sup>。WF(Windows Workflow Foundation)是微软推出的可视化的工作流引擎,基于业务流程逻辑关系和条件,可以无缝的实现UML模型到业务流程工作流转换。WF提供的State Machine开发模型,由状态机和状态对象组成,在状态变迁的驱动下,可以无缝地实现通信图对象之间的通信协作<sup>[6-8]</sup>。因此,探索一种从UML Communication Diagram静态建模到

可视化的动态测试,实现流程建模语义上的一致性和无缝转换具有实际意义。

本文在探索UML Communication Diagram和WF State Machine业务流程映射关系的基础上,选取UML用户指南中典型案例,研究从Communication Diagram到State Machine编程模型之间的静态映射和动态规则转换,基于WF可视化地实现了动态构建与测试。

### 2 映射关系及命名规则(Mapping relationship and naming rule)

#### 2.1 从Communication Diagram到State Machine的映射关系

UML Communication Diagram和WF State Machine在可视化静态建模上具有一一的映射关系,同时State Machine

在可视化的动态规则构建上又具有无缝的编程实现，从组件元素图形表示和含义上可以自然对应，从而实现无缝的模型转换，如表1所示，Communication Diagram中的Object(对象)、Link & message(链和消息)、Self Communication(自身通信协作)分别同State Machine中的State(状态)、Transition(变迁)、Self Transition(自身变迁转换)相对应。Communication Diagram突出Object之间组织关系的通信和协作，在对象之间通过链表示两个对象之间的存在协作关系，通过带有顺序标号的消息箭头表示对象之间的通信协作转换；State Machine中state之间通过Transition的有向箭头，明确表示两个状态之间的变迁转换关系。由此可以看出，两种模型从符号表示到信息表达，都可以在映射基础上，保证业务流程从分析到实现的可视化建模一致性，各取所长Communication Diagram侧重于业务流程分析与设计，State Machine侧重于可视化的动态实现，在随后的模型构建中我们会详细描述。

表1 Communication Diagram和State Machine的映射关系及图形表示

Tab.1 Mapping relationship and graphical representation between Communication Diagram and State Machine

Communication Diagram	Mapping	State Machine
	<---->	State
	<---->	Transition
	<---->	Self Transition

### 2.2 典型Communication Diagram示例

为深入说明基于State Machine的Communication Diagram动态构建及测试，我们选取了UML用户指南中的Communication Diagram的典型示例<sup>[1]</sup>，从模型元素的信息表示到规则转换进行深入的探索。如图1学校里登记一个新生通信图示例所示，显示了四个对象(r、s、sc、c)之间的通信协作关系，图中典型地包括了Communication Diagram的对象、链和消息，以及自身协作的组件元素。通信协作从r登记代理对象创建一个s学生对象开始，把学生加入到sc学校中，然后告诉s去登记，s调用自身的课程计划，获取必须注册的课程对象集合，然后s循环地将自家加入到c课程对象后，完成相关注册登记后提交到sc对象，最后sc学校向s学生发出成功登记通知。

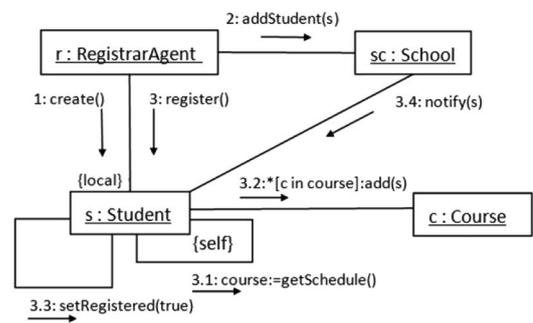


图1 学校里登记一个新生通信图

Fig.1 Communication diagram of registering a new student at the school

### 2.3 命名转换规则

通信图表示对象之间的协作关系，通过分析映射关系，状态机之间可有多条状态转换路径，从而解决对象之间协作的方向问题，通信图中的对象元素都可以通过WF State Machine中的编程模型来无缝映射，基于此给出了命名转换的规则。通信图中的对象映射成State Machine中的状态对象，对象之间的协作采用CT(CommunicationTransition)命名，如图1所示的通信图中“r:RegistrarAgent”等四个对象，对应命名为图2所示的映射模型中“r:RegistrarAgent\_State”等四个State对象，组成一个NewStudentRegister\_CommunicationObject\_StateMachine。通信图中的链接关系命名为各个Sate之间的Transition，例如图1中对对象r和s之间的协作关系，命名为CT\_1表示两者之间的通信关系；通信对象之间的消息序列和变迁序列对应，在此基础上每个State对象之间的变迁由变迁的名称和动作组成，例如图1中对对象r和s之间的通信变迁命名为CT\_1:create(), UML通信图对象之间的协作往往缺失对象之间的交互响应信息，在图2中对应命名给出，例如CT\_1.1\_Response(), 表示对CT\_1协作的第1次响应。这样的命名规则不仅保证了图形转换构建过程中的一致性，也加强了动态的构建和测试，便于分析追溯和扩展。

### 3 转换构建(Transition and construction)

#### 3.1 静态的顶层映射转换

Communication Diagram描述对象之间的结构关系，依据前面的映射关系和命名规则，首先完成静态的顶层映射转换。如图2所示，基于State Machine的学校登记一个新生顶层映射模型所示，Communication Diagram示例(如图1)中的“r:RegistrarAgent” “sc:School” “s:Student” “c:Course”等对象被映射成对应的状态对象“r:RegistrarAgent\_State” “sc:School\_State” “s:Student\_State” “c:Course\_State”。Communication Diagram对象之间的链和消息被转换为State之间的转换，分别以(CT\_1、CT\_1.1); (CT\_2、CT\_2.1); (CT\_3、CT\_3.1 、CT\_3.2:、CT\_3.2.1; CT\_3.3); (CT\_3.4、CT\_3.4)相互之间的通信协作。状态

对象“r:RegistrarAgent”存在三个发出的通信消息，其中“CT\_1:create()”“CT\_3:regeister()”是r对象向s对象发出的通信信息，“CT\_2:addStudent(s)”是r对象向sc对象发出的通信信息。同理“s:Student\_State”状态存在五个发出的通信信息，“sc:School\_State”和“c:Course\_State”分别存在两个和一个通信变迁。可以看出，在基于State Machine的学校登记一个新生顶层映射模型中，Communication Diagram的组织对象和消息链，无缝地转换为State Machine可视化模型，实现了静态模型信息的转换。但是，通信如何触发、协作如何交互，规则如何动态变迁，Communication Diagram中都没有显式的呈现。因此我们需要借助WF中可视化编程优势，进一步的构建业务流程状态变迁。

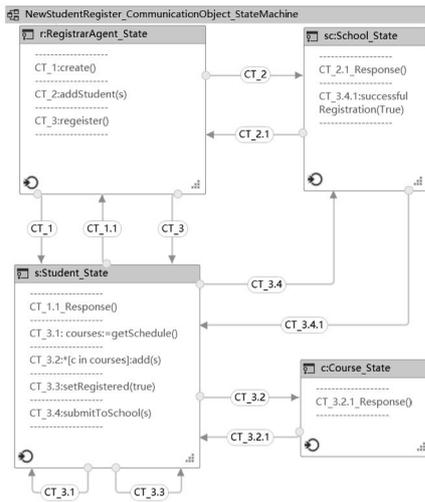


图2 基于State Machine的登记一个新生顶层映射模型  
Fig.2 Top mapping model of registering a new student based on State Machine

### 3.2 动态的规则构建

Communication Diagram中对象之间的通信协作，可以借助WF State Machine可视化的状态变迁来动态实现。为便于动态规则转换，如图3所示，通信协作及控制变量所示，定义了三个变量，分别为ct、register、schedule，其中ct为StateMachine的全局通信转换变量，并给出了初始值“starting”作用于整个NewStudentRegister\_CommunicationObject\_StateMachine范围，同时定义了两个局部变量，并给出初始值为“true”，作用于“s:Student”对象，用于控制该状态对象的两次动态自身转换的循环控制。

Name	Variable type	Scope	Default
ct	String	NewStudentRegister_CommunicationObject_StateMachine	'starting'
register	Boolean	s:Student	true
schedule	Boolean	s:Student	true

图3 通信协作及控制变量

Fig.3 Communication collaboration and control variables

如图4所示，s:Student状态对象动态转换模型所示，“s:Student”对象的通信协作采用Switch多分支判断模式，在分支判断中以全局通信变量“ct”为控制条件，将对象之间的消息触发条件，显式地配置在各个对应的分支中，可以清晰地看出每一个

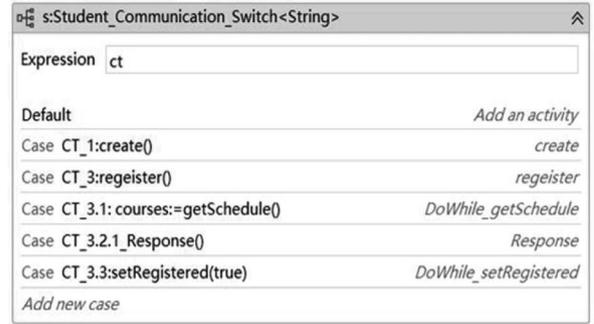


图4 s:Student状态对象动态转换模型

Fig.4 Dynamic transition model of s:Student state object

通信转换所对应的变迁和消息，这同通信图中链和消息一致对应，触发对应的分支流程。每个通信变迁中完成协作对象的触发转换，如图5所示，在触发器启动的情况下，当通信协作信息“CT\_1:create()”到来后，执行“create\_Action”动作，创建一个student对象；经过CT\_1通信协作转换，显式地表明源(Source)状态对象“r:RegistrarAgent\_State”和目标(Detination)状态对象“s:Student\_State”之间的通信协作关系。

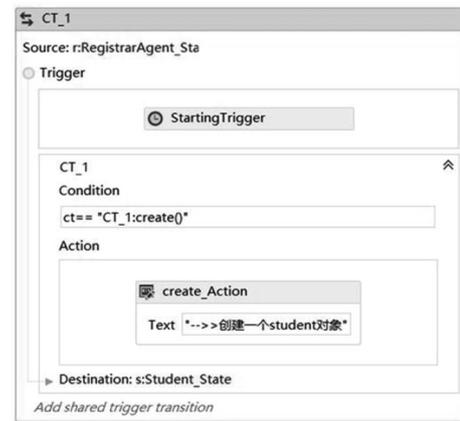


图5 CT\_1通信协作触发模型

Fig.5 Trigger model of CT\_1 communication collaboration

## 4 动态测试(Dynamic testing)

经过基于WF的可视化编程转换，实现Communication Diagram从静态的映射到动态规则构建，进一步地完成了动态测试，如图6所示，基于WF的学校里登记一个新生通信图动态测试所示，图中State Machine workflow活动对象“nsr”，进入WF workflow引擎，有序地完成状态对象之间的通信协作。从测试结果可以清晰的看出组织对象间的交流协作过程，实现了业务流程分析到可视化实现的透明转换。

```

namespace WF_UML_Collaboration
//实例化一个基于WF的Communication Diagram工作流活动对象
Activity nsr = new NewStudentRegister();
//启动工作流, 装入对象
WorkflowInvoker.Invoke(nsr);
Communication Starting...
->> 创建一个student对象
s is collaborating with s
->> CT_1.1 信息反馈
->> 收到CT_1.1 响应信息
->> 把学生加入到学校中
s is collaborating with sc
->> CT_2.1 信息反馈
->> 收到CT_2.1 响应信息
->> 告诉Student对象自己去登记
s is collaborating with s
->> student 对象调用自己的getSchedule
->> 得到一个名为注册的Course对象集合
s is collaborating with self
->> 顺利获取Course
->> Student对象循环把自己加入到每个Course对象中
s is collaborating with c
->> CT_3.2.1 信息反馈
->> 收到CT_3.2.1 响应信息
->> Student 自己去登记相关信息
s is collaborating with self
->> 学生确认完成登记信息
->> Student将注册信息提交到学校
s is collaborating with sc
->> Congratulations to you
    
```

图6 基于WF的学校里登记一个新生通信图动态测试

Fig.6 Dynamic testing of the communication diagram for registering a new student based on WF

### 5 结论(Conclusion)

在软件系统分析与设计过程中，语义的一致性和准确性一直都是关注点。探索和研究一种从静态模型到动态规则转换的可视化实现方式，具有必要性。将WF State Machine的可视化编程及动态规则转换优势应用于Communication Diagram的对象之间的通信协作实现，显式地将对象之间的交互关系和动态通信协作变迁规则结合，构建基于State Machine的可视化Communication Diagram测试模型，实现了从UML可视化建模到WF可视化映射和测试，解决了从分析、设计到构建的无缝转换，具有实际意义。

(上接第54页)

面取得初步成效。在EDA教学方面，教学引入FPGA前沿资料，新型FPGA——浮点运算能效、计算过程能耗、连接性与延迟性、工程成本各方面进行介绍。学校将创新创业教育与专业教育深度融合；加大教学经费投入，建立具有行业背景、产业特色的创新创业基地，支持大学生开展创新创业活动；采取有效激励和保障措施，引导教师积极指导大学生创新创业训练计划和科技创新竞赛。深化高校创新创业教育改革的迫切需要，是推进高等教育综合改革的着力点和突破口<sup>[5]</sup>。2012年至2018年共立项“大创计划”87项，其中国家级12项目，省级14项目，校级61项目。参与老师30余人，其中副高职称以上17人，参与学生涉及我院电信工程、自动化、计算机科学与技术三个专业及其他学院部分专业，人数多达百余名本科生。大创参与活动中将近50%的学生开展EDA课程职业化改革探索，是课程职业化改革的有力参与者。

我院创建了大连雨霖科技有限公司等诸多校企合作基地，学生和老师每学年在专业实践环节深入企业开展实习与研讨工作。在近年来的就业工作中，实施EDA课程职业化改革后，电信专业就业率连创历年新高。在今后工作中，如何做好课程职业化还有更深入的工作要继续研究和探讨，比

### 参考文献(References)

- [1] Grady Booch, James Rumbaugh, Ivar Jacobson [美]. UML用户指南[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2013, 1: 191-195.
- [2] Object Management Group. Unified Modeling Language. Formal[S]. OMG, 2017.
- [3] Alexander Knapp and Till Mossakowski. UML Interactions Meet State Machine—An Institutional Approach[C]. 7th Conference on Algebra and Coalgebra in Computer Science, 2017(15): 1-15.
- [4] 张姝, 戎玫, 张广泉. 基于时序逻辑的UML2.0通信图语义研究[J]. 计算机工程与设计, 2008, 29(21): 5601-5604.
- [5] 张峻, 张广泉, 王辉, 等. UML 2.0 通信图的一种测试用例生成方法[J]. 苏州大学学报(自然科学版), 2007, 23(2): 36-42.
- [6] Microsoft. the programming model, samples, and tools of the Windows Workflow Foundation (WF) [EB/OL]. <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/windows-workflow-foundation/index>, 2017-03-03.
- [7] 钱维平, 王坚. 基于WF状态机工作流的日常工作管理系统的设计与实现[J]. 机电产品开发与创新, 2015, 28(1): 81-83.
- [8] 冯倩, 董丽丽. 基WF状态机工作流的研究与应用[J]. 电脑知识与技术, 2008, 4(8): 2263-2265.

### 作者简介:

孔令东(1973-), 男, 博士, 讲师. 研究领域: 软件工程, workflow 技术.

如如何合理分配经费实施更有效的课程改革，如何做好培养计划，如何科学归纳和评价现有课程职业化的研究成果都是未来阶段面临的问题。

### 参考文献(References)

- [1] 叶立群. 高等教育学[J]. 中国教育学会教育学研究会, 福建教育出版社, 2013(10): 118.
- [2] 李伟. 基于SWOT分析开展高职英语课程职业化改革[J]. 天津电大学报, 2017, 21(3): 52-55.
- [3] 姜泓冰. 广培苗圃, 也滴灌英才[N]. 人民日报, 2018-9-10.
- [4] 王墨林. FPGA课程创新型实验教学体系的实践[J]. 实验科学与技术, 2018, 16(4): 139.
- [5] 朱泓. 审核评估内涵解析及自评自建工作要点[R]. 大连海洋大学蓝色讲坛, 2017, 9.

### 作者简介:

王美妮(1978-), 女, 硕士, 讲师. 研究领域: 电子与通信工程. 赵伟(1978-), 男, 硕士, 副教授. 研究领域: 计算机应用. 本文通讯作者.

戴祯德(1996-), 男, 本科生. 研究领域: 电子与通信工程. 李响(1983-), 男, 硕士, 讲师. 研究领域: 信息技术处理. 吴晓雪(1989-), 女, 硕士, 讲师. 研究领域: 自动控制技术.