

UML 和着色 PETRI 网在物资采购建模中的应用

周 维 王明哲 (华中科技大学控制科学与工程系 430074)

摘 要

本文讨论了如何用当今流行的建模语言 UML 对系统进行建模, 列出了一个完整的物资采购实例, 通过这个实例分析建模的全部过程, 提出 UML 作为建模语言本身存在的问题, 并针对存在的问题提出了着色 Petri 网的解决方案。将 UML 和 Petri 网联合起来对系统进行建模。

关键词

UML CPN 信息系统 物资采购

1 前言

面向对象方法与技术起源于面向对象的编程语言(OOPL)。80年代大批OOPL的出现和不断提高标志着OO技术开始走向繁荣和实用。在产业界,越来越多的公司从传统的软件开发技术转向面向对象技术,并以此作为提高公司形象和产品信誉的标志。特别是在一些发达国家,几乎所有的新软件开发,都全面或部分地采用面向对象技术。这一切都向人们表明,90年代的面向对象方法已在计算机科学技术领域占据了无可争议的主流地位。

面向对象方法不仅仅是一种程序设计技术,而且是一种全新的开发与构造系统的思想方法。它以其高度的抽象性、完整的封装性、继承性和多态性大大的提高了信息系统的可维护性,并使系统的可重用性和可扩展性也得到了改善。因此,面向对象技术在整个业界占有相当重要的地位。当今有很多面向对象的建模工具,UML和CPN是其中非常出色的建模和仿真工具,若结合在一起使用,能够完美的将整个系统呈现出来。

2 用统一建模语言 UML

统一建模语言UML(Unified Modeling Language)是由世界著名的面向对象技术专家Grady Booch, Jim Rumbaugh和Ivar Jacobson发起的,在Booch方法、OMT方法和OOSE方法的基础上,广泛征求意见,集众家之长,几经修改完成的。设计者为UML设定的目标是:

- (1) 运用面向对象概念来构造系统模型。
- (2) 建立起从概念模型直至具体实现的物理系统之间

明显的对应关系。

- (3) 着眼于那些有重大影响的问题。
- (4) 创建一种对人和机器都适用的建模语言。

UML的出现的到了工业界的广泛支持,成为了当今流行的建模开发工具。UML作为一种定义良好、易于表达、功能强大、且普遍适用的建模语言为复杂信息系统的设计和析提供了有效的手段,它采用图形表示形势的可视化建模语言。它对语言中的基本概念、术语和表示方法给出了统一且比较严格的定义和说明。提供了用例(use case)图,顺序(sequence)图,合作(collaboration)图,类(class)图等许多种不同的可视框图,从各个方面来对对象进行建模,并且可以向所有感兴趣的方面显示这个模型,让他们对模型中的重要信息一目了然。

信息系统的开发设计,是一个不断反复叠代的过程。在叠代周期中的最初输入是“期望的”系统行为,输出是“模型的行为”。输入和输出都可以通过UML顺序图来表示。应用UML的顺序图,定义期望的系统行为,然后构造一个新的对象类和他们的相关的状态图,或者修改已有的状态图。对所有用例产生或再一次产生基于顺序图的系统模型行为。比较“期望的”系统行为与“模型的”系统行为,如果一致或满意,则进行下一个新的系统模型行为,或者下沉到下一层次对象分解水平上的系统建模析。如果不满意,则要停留在原来的对象分解水平上,重建对象类和他们的状态图。

对于最初用例,第一步是把用例图变换为顶层的顺序图,这主要涉及到外部角色和系统之间的信息的交换顺

序。然后由此构造最初的对象类图和状态图，他们将产生期望行为。这些最初的UML视图表示了第一次循环叠代。继续下一个循环应该由分解上层的对象顺序图中的一个或几个对象开始，定义顺序图中更细化的行为，并通过修改或者补充状态图来得到系统的行为。重复建模，进一步细化，直到能满足用例需求为止。

信息系统设计的起点与结构化方法一样，来自对客观世界的描述。从这个基本概念开始，第一步是构造说明系统“用途”的用例图。UML的用例图由外部角色和它们与系统的相互作用构成。

我们试着为一个公司的物质供应系统进行建模。假设整个物资供应系统的构架一共分为3个部分，采购计划部分，采购任务部分，以及采购订单部分。由计划员根据库存信息、供应商信息、在途信息以及生产线信息进行分析，制定出合理的采购计划，然后由部门领导进行批准审核，进一步制定出采购任务，最后由采购员执行采购任务，在这些活动过程中，部门领导也要进行一定的干预工作。整个架构的UML用例描述图如图1所示。

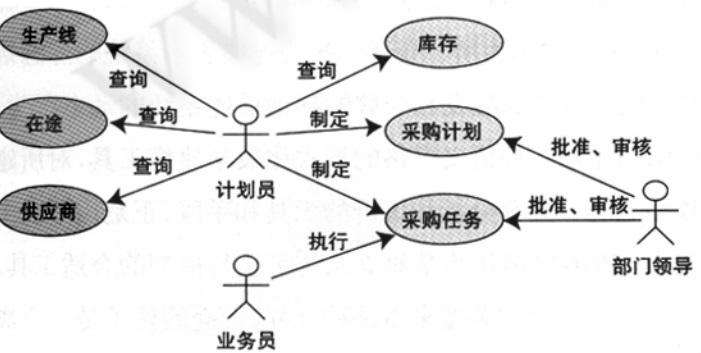


图 1 系统结构用例图

得到了一个或者多个用例之后，第二步就是把用例转换成顶层的顺序图。顺序图是UML两种交互图中的一种，用来描述对象之间的动态交互关系，着重体现消息传递的前后顺序。顺序图存在两个轴：水平轴表示不同的对象，垂直轴表示时间。在顺序图中，对象用一个带有垂直虚线的矩形框表示，在矩形框内标有对象名和类名。垂直虚线称为对象的生命线，它代表在对象之间的交互作用中该对象的生命期。为了把注意力集中在系统与外部环境的交互上，所以在系统的顶层顺序图中，把整个系统定义为一个实体对象，而顺序图中的其他实体与用例模型中的外部角色相一致。如图2所示，就是依据前面的用例模型所构造的顺序图。在顺序图中的事件上面可以标注一些条件控制信息，说明事件必须为真时才会发送。比如，在采购计划

进行审核和批准后才能进行采购任务的制定。在整个采购过程中，采购计划的制订部分是相当复杂的，信息的涉及面很广，生产，库存等信息都要用到，计划员在计划制定完成以后，要进行严格的审核和批准过程，以保证整个物资采购的有效性，在完成计划的批准之后，就可以根据计划的数据来进行采购任务单据的制定过程了。同样，在采购任务单据编制完成之后，也需要对采购任务单进行批准工作，以保证任务分配的合理性。最后由业务员执行采购任务。在整个采购流程过程中涉及到三类人，计划员，业务员和部门领导。他们在整个过程中扮演不同角色，共同完成整个采购工作。

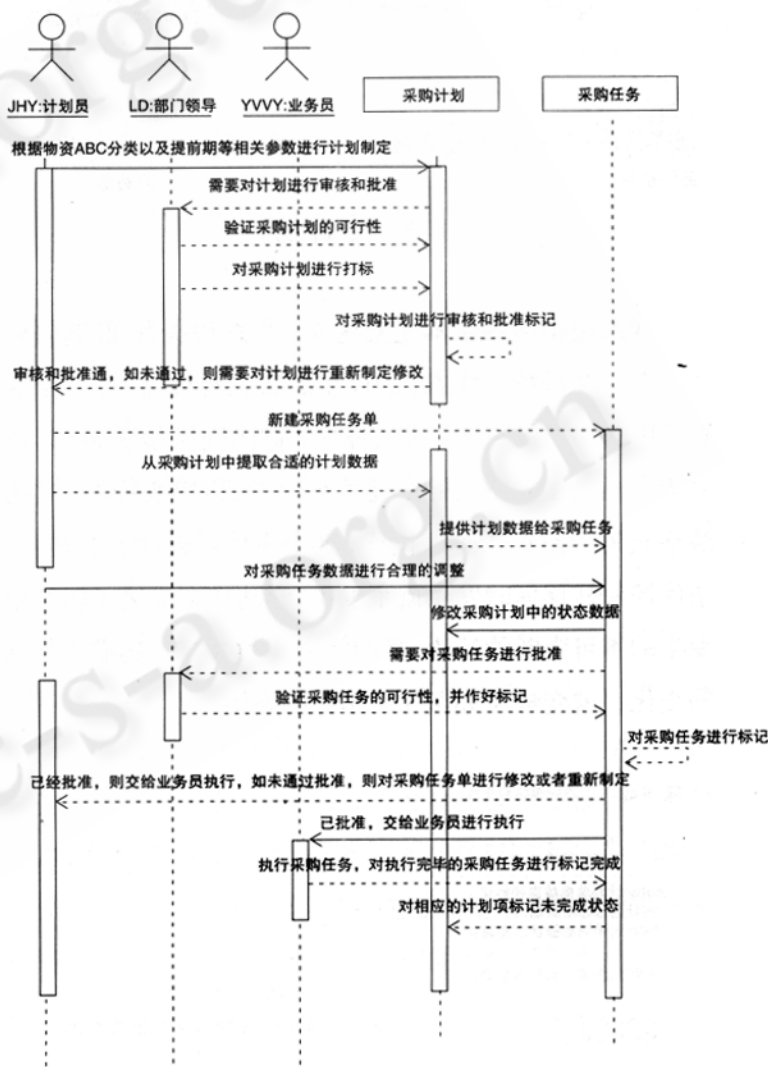


图 2 采购过程顺序图

顺序图展示了系统节点之间在给定的初始条件下发送和接收事件的序列，是系统对象动态行为的静态表示方法。从刚刚产生的顺序图中，我们可以抽取最初的系统信息对象。并把信息对象归结为信息对象类。所谓信息对象就是指实体间传递的数据和信息。顺序图中的事件可以直接用来构造信息对象。根据上面的顺序图，我们就基本上可以确定顶层的对象视图了，由上面的顺序图，我们可以

构造如下的基础类图，如图 3 所示：

当对象的分解工作最终进行完毕之后，我们就可以着手构造它们的状态图。状态图描述了一个特定对象的所有可能的状态以及由于各个事件的触发而引起的状态之间的转移关系。目前，大多数面向对象技术都使用状态图来描述对象在其生命周期中的行为。

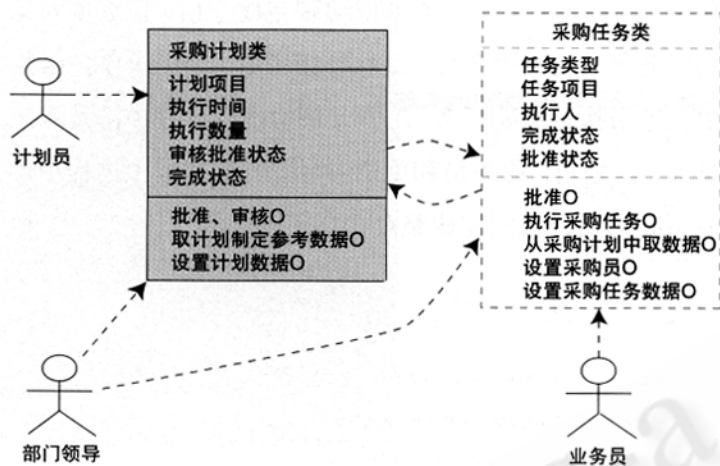


图 3 基础类图

状态图由两种基本元素构成：状态和状态间的转移。其中存在两种特殊状态，而停止的状态时可选的。一个状态可以包括几个细节：进入操作，退出操作和活动。转移元素则描述了对象间的变迁关系，它可以带有标注，其文法格式为：事件[条件]操作，其中事件导致状态的转移，条件控制转移何时发生或不发生，而动作则描述了转移中发生的不可中断的行为。我们将两个类合在一起描述状态的变化，就变成了如图 4 所示的状态图。

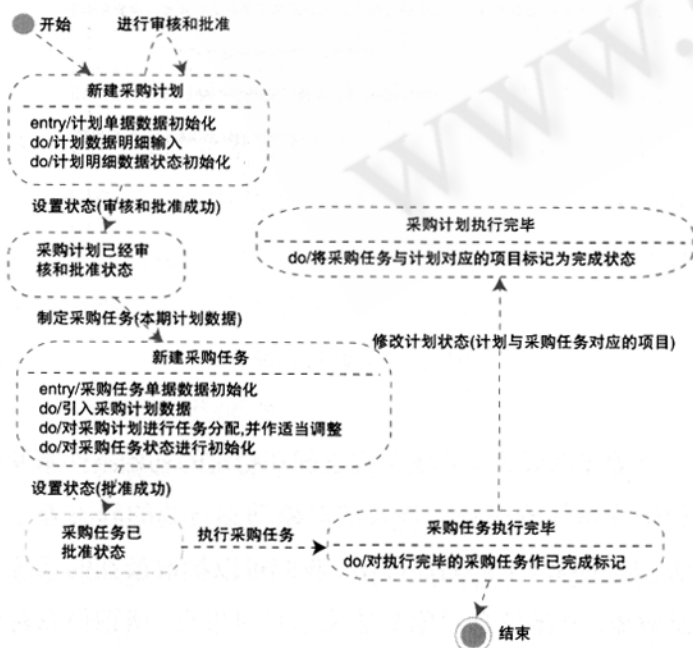


图 4 状态图

与顺序图的构造方法相似，构造状态图的关键也是确定对象类的行为，而类的行为是通过分析系统期望行为得到的。在面向对象方法中，为每一个必要的对象定义状态图，所以，状态图能够毫不含糊的确定系统行为。一旦一个类的状态图构造完毕，它的每个实例都得到该状态图一个完整的拷贝。

3 从 UML 过渡到着色 Petri 网

完成了上述的步骤（一个循环）后，模型的确认是非常重要的工作。很多的模型可以有許多对象类，并且有的类也有它的状态图。如果没有某种计算机辅助过程来支持，评价这样的复杂模型的正确性，系统结构设计是不完整的。从上面的几个图中，我们已经可以对整个系统有一个比较清楚的认识了，但 UML 也存在自己作为建模工具不足的地方，它只能作为一种静态的建模，不能进行动态的仿真，而 Petri 网作为分析的工具正好弥补了 UML 这个方面的不足。Petri 网是描述具有分布、并发、异步特征的离散事件动态系统的有效工具，它用四种元素为系统建模：库所 (Place)、变迁 (Transition)、弧 (Arc) 和令牌 (Token)。它用库所、变迁、弧的连接表示系统的静态结构，通过变迁的激发和令牌的移动描述系统的动态行为。Petri 网还是一种语义严格的形式化数学建模工具，对所建模型它有一整套分析和评价的工具和手段，正是由于以上优点，Petri 网被认为是建立系统可执行模型的合适工具。

从控制论的角度来看采购过程，上面的例子是一个离散事件动态系统，在体系结构模型中，这种特点表现为各底层实体对象的状态随着事件的触发而不断的发生转移。UML 模型中，状态图和顺序图描述了系统的这种行为特征，但由于这两种模型都是不执行的，只能对系统动态行为进行静态表述，所以我们称之为“伪动态模型”。面向对象系统的基本运行机制是对象间基于事件的交互，因此，相应可执行模型的开发应立足于用 Petri 网来描述这种机制。随着描述问题领域的不同，Petri 网由很多不同种类的变异，如随机 Petri 网，模糊 Petri 网，着色 Petri 网等。其中着色 Petri 网作为一种高级的 Petri 网模型，他通过对库所和令牌加以颜色类型的标定，对变迁和弧加上发生条件的约束，使得建模功能大大增强。与普通 Petri 网相比，用着色 Petri 网建立的系统模型不但可以屏蔽系统中的某些琐碎的细节，使建模者能更容易的把握系统本质的行为特征，而且使整个模型的规模和结构也更加简洁、紧凑。

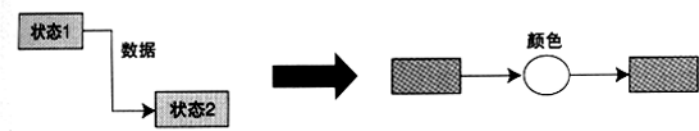


图 5 从 UML 模型到 CPN 模型的映射

由于用UML描述的状态图不可执行，为了使之变成可执行模型，我们把上面用 UML 描述的状态图映射到 CPN 中如图 5 所示。

转换以后的可执行模型就基本上可以反映以上模型的信息了，若源模型发生了变化，则可执行模型也应该有相应的变化。由于这样生成的可执行模型是“偏功能”的，为了例用它来进行系统的性能和效能评估，必须改造着色 Petri 网，加入反应体系结构物理和技术特性的附加约束：主要包括功能执行和信息传递的时间约束以及模型输入的资源数量等。

4 着色 Petri 网模型表述

由于着色Petri网具有动态仿真的特点，我们可以将上面用UML构建的模型转换成着色Petri网模型。经状态模型转换后，并加以一定改造后的着色Petri网模型如图6所示：

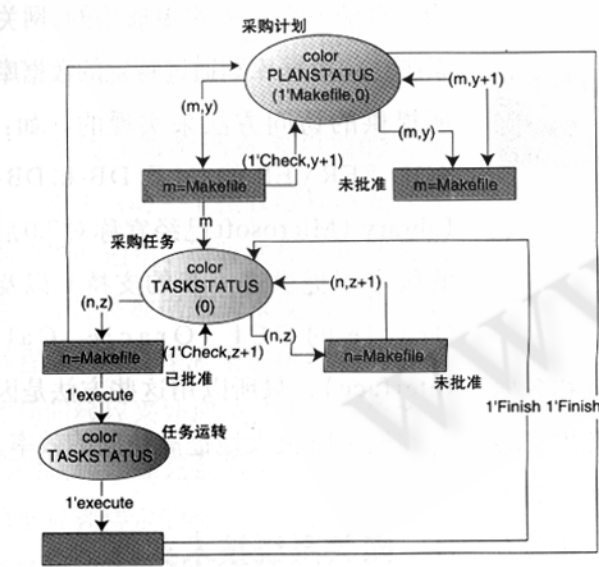


图 6 CPN 描述图

颜色集,以及变量定义如下:
color PlanStatus=with Check | Finish | Input | Makefile ;
color TaskStatus=with Check | Finish | Input | Makefile | Execute;
color PlanTime=int;
color TaskTime=int;
color PLANSTATUS=product PlanStatus*PlanTime;

color TASKSTATUS=product TaskStatus*TaskTime;
var m : PlanStatus;
var n : TaskStatus;
var y : PlanTime;
var z : TaskTime;
Check: 审核状态
Finish: 完成状态
Input: 计划纳入采购任务状态
Makefile: 制定单据
采购计划和采购任务都具有颜色集 status

由于CPN具有可执行性，我们可以对上面的CPN进行执行，从而判断是否存在死锁、冲突等。执行完上面的CPN模型之后，可以得到以下的仿真结果数据：

库所	颜色集	审核合格率	人为干涉因素
采购计划	1'Check+1'Finish+1'Input	50%	存在
采购任务	1'Check+1'Finish50%	50%	存在

Plantime 和 Tasktime 都是计数器，用来纪录采购计划和采购任务审核的次数，他们的值为1或者1以上的任何数字。用来反应计划制订和采购任务制订的合理性程度，数字越小，表明合理化程度越高，其中1为最优状态，若计划或者任务制订的不尽人意，那么计数器就会无限的增大，表明计划或者任务制订存在很大的缺陷，或者人为干涉因素较多。从这里我们就可以看出在UML中进行的结构分析，用着色 Petri 网进行可执行模型的建模，通过仿真，我们就可以知道，在实际系统运转过程中会出现什么样的情况。尽管实际情况可能更加复杂，但是通过这种建模体系，我们是可以从各个不同的方向了解整个系统以及它的运转情况的。

由于UML有着优秀的“静态”建模机制，以及着色 Petri网有着出色的动态建模仿真技术，通过对他们进行组合应用，是可以建立起优秀的模型出来的。

5 小结

本文用UML和CPN作为建模工具对企业采购过程进行了系统的建模，并就两种不同的工具的优缺点进行了一定的比较。我们认为，UML和CPN都是功能十分强大的建模工具，如果能够同时运用两种工具进行建模，优势互补，整个模型将会得到很好的优化。