

基于 UML 的城市污水处理系统的建模研究

吴勇虎, 高立东

(北京化工大学 信息科学与技术学院, 北京 100029)

摘要: 利用 Rational Rose 工具创建 UML 模型, 以城市污水处理过程为建模对象, 从软件开发的整体高度, 再现污水处理过程的框架及其步骤, 为此, 进行了用例图、活动图和时序图的建模分析设计, 用于辅助研发污水处理仿真软件。同时介绍了 UML 在实际软件开发流程中的应用, 最后完成了污水处理仿真软件的框架设计和开发。

关键词: 统一建模语言; 城市污水处理; Rational Rose

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)12-0015-03

Study on urban sewage treatment modeling based on the UML

Wu Yonghu, Gao Lidong

(College of Information Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China)

Abstract: This paper uses Rational Rose tool to create the UML models according to the simulation modeling object of municipal sewage treatment process, from software development to the overall height, reproducing sewage treatment process of simulation framework and steps. So the case diagram, activity diagram and sequence diagram are designed to the modeling analysis, which supports R&D treatment for simulation in the actual application of the software development process. At the same time, this paper introduces the UML to the actual application of the software development process. Finally, it completes the software framework's design and development of the sewage treatment simulation.

Key words: UML; urban sewage treatment; Rational Rose

随着水资源的日益短缺和对环境污染的日益重视, 污水处理越来越受到人们的关注。与其他工业处理系统相比, 污水处理系统的整个处理过程由许多单元组成, 在不同的单元有可能发生不同的反应, 如化学、物理和生物反应, 因此在研究污水处理过程中需要面向单元对象分析, 而不能单纯进行系统的整体建模分析, 同时提供优良的低端通用型语言支持、高效的数值程序以及优化工具也是仿真软件开发中的重要方向。基于 UML 的建模更能全面、准确地反映污水处理中的工艺细节和系统的对象(类)及其之间的交互, 充分捕获用户的实际需求。

1 统一建模语言(UML)及相关技术介绍

面向对象的分析与设计(OOA&D)方法的发展在 20 世纪 80 年代末至 90 年代末出现了一个高潮, UML 是这个高潮的产物。它不仅统一了 Booch、Rumbaugh 和 Jacobson 的表示方法, 而且对其有进一步的发展, 最终统一为大众所接受的标准建模语言。它的主要作用是帮助用户对软件系统进行面向对象的描述和建模, 它可以描

述整个软件开发过程从需求分析直到实现和测试的全过程。UML 于 1997 被国际对象管理组织 OMG (Object Management Group) 所接受, 发布了 UML 的标准版。如今, UML 已成为公认的最好的分析和设计面向对象软件的标准建模语言^[1], 而不是建模方法。它不包含任何具体的过程, 即它并不讲述如何运用面向对象的概念与原则去进行系统建模^[2], 而只是定义了用于建模的各种元素, 以及由这些元素所构成的各种图的构成规则。这使得 UML 作为一种建模工具, 在面向对象领域有着广泛的用途, 特别是针对城市污水处理这样一个复杂系统。Rational Rose 是 Rational 公司推出的一款支持 UML 可视化建模的工具软件, 它包括了用例、逻辑、组件和部署视图, 支持面向对象分析和设计, 在不同的视图图中建立相应的 UML 图形, 反应系统的不同特征。

从 UML 建模应用的角度看^[3], 一个最大的特点就是在设计一个系统时采用面向对象技术, 一般需要经过以下三个步骤:

(1) 功能需求的描述;

软件天地 Software Technology

(2)根据功能需求建立系统的静态模型;

(3)在静态视图的基础上,分析和设计系统的动态行为。

总的来说,UML是一种定义良好、易于表达、功能强大且普遍适用的建模语言。它融入了软件工程领域的新思想、新方法和新技术,而且它的作用域不限于支持面向对象的分析与设计,还支持从需求分析开始的软件开发的全过程^[4]。

2 城市污水处理仿真软件的建模仿真

2.1 用例建模

用例图(Use Case Diagrams)是由软件需求到最终实现的第一步,在UML中用例图用于对系统、子系统或类的行为的可视化,以便系统的用户更容易理解这些元素的用途,也便于软件开发人员最终实现这些元素。在UML建模过程中,可以使用用例图对系统的语境进行建模,强调系统外部的参与者。

UML中的用例描述了一组用例、参与者以及它们之间的关系,因此用例图包括三方面内容:用例(Use Case);参与者(Actor);参与者之间的关系,包括泛化关系、包含关系、扩展关系等。

(1)定义系统目标与角色:通过对污水仿真系统功能的分析,本系统的开发目标是提供一个运行稳定、仿真准确、功能完备的被控对象,主要使用者是验证控制方案的学生,因此学生是本仿真系统的主要角色;

(2)分析角色与系统的交互,确定系统用例:一个好的被控对象,仿真结果的准确性是最起码的要求,同时要求能够灵活设置参数,高效地进行过程控制,实时数据的趋势显示,仿真结果的数据存取。据此,污水处理系统的主要用例有7个,分别是:参数设置、历史趋势显示、数据存取、3D通讯、处理工程控制、重置冷态和转PLC外部控制。PLC外部控制是其下一步扩展功能,其主要职责是处理下位机的信号数据,用户还可以通过扩展的3D通讯接口实现逼真的现实模拟。

图1描述了污水仿真软件总用例,其中描述的用例实际上就是污水仿真系统中的一个个子系统功能,在实际的功能需求分析与设计中,用例粒度的大小根据实际的功能需求来界定。

2.2 污水处理系统的业务流程分析与设计

用例图只是表达了系统的功能需求,没有描述系统随时间变化的行为,这些行为是用从静态视图中

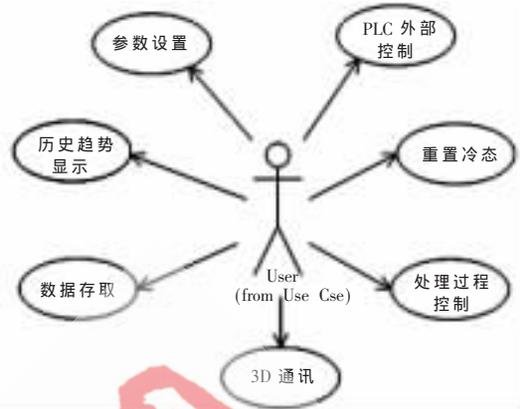


图1 污水仿真系统总用例图

抽取系统的瞬间值的变化来描述的。UML时序图描述了对对象之间传递消息的时间顺序,它用来表示用例中的行为顺序,是强调消息时间顺序的交互图。时序图包括4个元素:对象(Object)、生命线(Lifeline)、激活(Activation)和消息(Message)。污水处理系统的操作时序图如图2所示。

这张操作时序图描述了污水仿真软件的一般性操作流程:首先登录仿真系统,验证用户名及其密码,经过后台验证后进入主界面;在操作主界面,用户可以使用默认的参数值,例如进水流量、曝气池容积、DO浓度、曝气空气流量、COD浓度等关键参数,也可以根据控制方案的需要修改初始参数值;用户可以配置运行环境,如仿真步长、仿真时间等参数;接着,封装为独立类的污水仿真引擎,对外表现为一个黑箱,仅开放接收数据和显示数据的接口,内部进行迭代仿真运算;用户此时可以从扩展的3D通讯接口观察实际处理效果或者通过趋

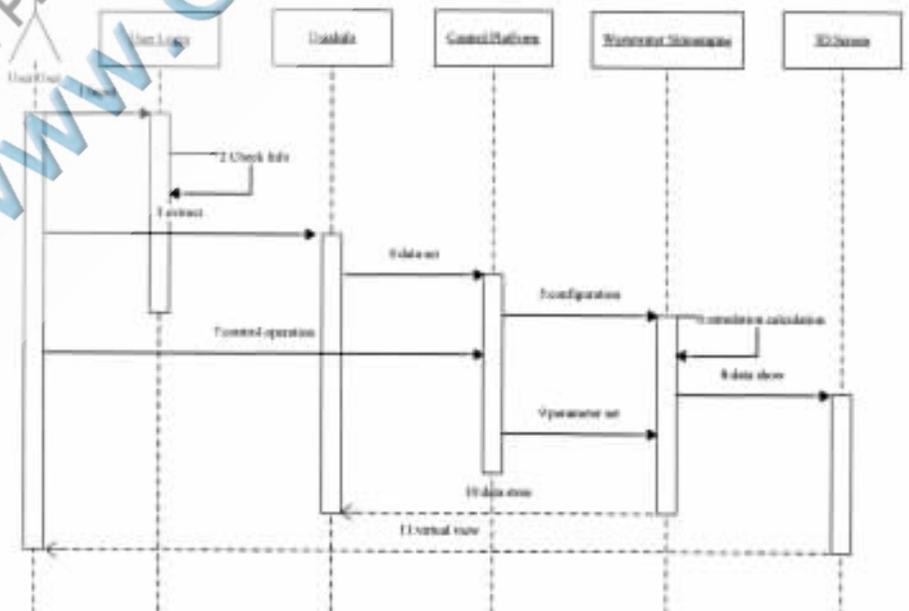


图2 污水仿真操作时序图

《微型机与应用》2012年第31卷第12期

势曲线观察,并可通过操作阀门开度及回流比,实时调整控制出水各组分浓度。

由于采用了OO方法建立的污水仿真系统,其基本组成的元素为对象,而对象又是类的实例,所以采用静态视图描述类、对象和它们之间的关系。类是任何面向对象系统中最重要、最基本的构造块,也是一种重要的分类器,用来描述结构和行为特性的机制,包括类、接口、数据类型、信号、组件、节点、用例和子系统。类图是描述类、接口、协作以及它们之间关系的图,用来显示系统中各个类的静态结构。类图包含7个元素:类、接口、协作、依赖关系、泛化关系、实现关系以及关联关系。根据系统用例的功能研究分析,建立污水仿真系统主要类图如图3所示。

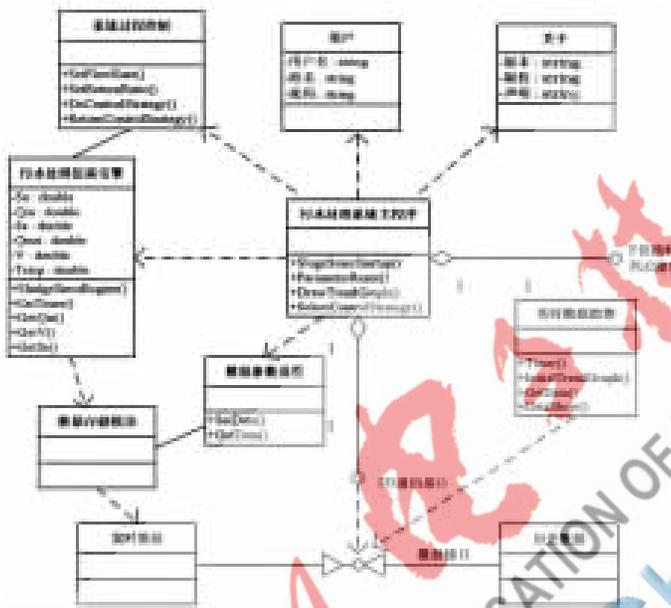


图3 污水仿真软件类关系图

(1)污水处理系统主程序类:这是污水仿真系统的界面类,每次运行仅有一个主程序类,它是其他类的关联桥梁,依赖其他类暴露的接口进行数据传递、控制操作、数据显示。它是整个仿真软件的人机交互操作平台,从封装性角度考虑,其自身不具有数据处理功能;

(2)用户类:用于存储用户名和用户密码,可扩展为链接底层数据库,管理员可设置对应操作权限及用户账户管理;

(3)系统控制类:每当用户进行控制操作,如增大空气流量、增加或减小进水量、改变回流比时,该类通过暴露在主程序类的数据接口,获取阀门开度量或控制参数,处理后传递给仿真引擎进行数学迭代运算;

(4)污水处理仿真引擎类:根据污水处理的数学模型,确定仿真系统采用国际水协发布的活性污泥ASM1数学模型,接收从主程序界面和控制类传来的组分数据、控制参数,内部进行迭代运算,实时通过数据接口外传各

控制点数据。

3 城市污水处理的实现

参照北京市某大型污水处理厂的的实际处理过程,仿真软件中数学模型采用活性污泥法。通过对溶解氧、污染物基质和异养菌生长三者关系分析,采用白箱建模的方法,从基本动力学方程出发进行了仿真研究,并对这一生化曝气过程进行了建模,利用UML建模工具Rational Rose根据系统类图自动翻译的系统框架代码及可执行程序,完成代码的编写,最终实现污水处理的系统功能。

以上利用UML对城市污水处理仿真系统进行了建模分析。实践证明,UML在面向对象建模过程中效果显著,它是一种优秀的建模语言,适用于软件开发过程的各个阶段。它能准确反映出污水处理仿真系统的功能需求,为建模人员搭建了一个清晰的建模平台框架。整个仿真建模研究具有高度的透明性,其结果具有很高的可信度。无论用于理论上的污水建模研究,还是提供一个优良的被控对象,基于UML开发出的污水仿真产品无疑是让人放心的,也为今后污水仿真产品的研究提供了一个良好的思路。

参考文献

- [1] 吴建,郑潮. UML基础与ROSE建模案例(第2版)[M]. 北京:人民邮电出版社,2007.
- [2] 陈磊,王海丽,周伯昭. 基于UML的仿真系统分析[J]. 计算机仿真,2001,18(3):28-31.
- [3] 睦洪生. 污水处理实验实时仿真系统的设计与实现[D]. 镇江:江苏大学,2007.
- [4] 丁峰,毛杰,施振明. UML和ROSE工具在指挥控制系统开发中的应用[J]. 计算机工程,2000,26(10):118-120.

(收稿日期:2012-03-08)

作者简介:

吴勇虎,男,1986年生,在读研究生,主要研究方向:城市污水生化处理仿真系统开发。

高立东,男,1969年生,讲师、博士,主要研究方向:化工仿真。