

# 基于VR技术的军用操控设备训练虚拟化技术

赵伟,费琪

(江苏省自动化研究所,江苏连云港 222061)

**摘要:**国内军用操控类设备培训还局限于理论教学结合模拟训练设备或实际装备操练的方式,这种理论结合实际的方式虽能达到较好的学习效果,但也使教学、培训、训练工作受制于时间、空间、物理资源的约束,且相对经费投入较大。而虚拟现实技术可以创建一个逼真的具有交互性虚拟三维空间,使用户有身临其境的沉浸感,具有与环境完善的交互作用能力,并有助于启发构思,既提升效率又降低成本。所以将操控类设备训练虚拟化是行业发展的大势所趋。文中探讨了操控类设备培训需求,并在此基础上给出了通过VR技术实现的工具架构。

**关键词:**虚拟现实;培训;3D;模拟训练

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)09-0109-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.09.025

## Virtual Technology of Military Control Device Training Based on VR Technology

ZHAO Wei, FEI Qi

(Jiangsu Automation Research Institute, Lianyungang 222061, China)

**Abstract:** Internal military control device training is still limited to the theoretical teaching with the simulated training device or the way of the practice of actual equipment. The way of combination of theory and practice can achieve better learning effect, but it also makes teaching, training restricted by time, space and physical resources. And relatively, the investment is too large. However, the virtual reality technology can establish a lifelike three-dimensional space with reciprocity which can give the users an immersive feeling. It has the ability to interact with the environment and also helps to inspire ideas, improving efficiency and reducing costs. So virtualizing the control device training is the general trend of this industry. The requirement of the control device training is discussed, and on this basis, the tool framework realized by means of VR technology is given.

**Key words:** VR; training; 3D; simulated training

## 1 概述

### 1.1 现状

目前,国内军用操控类设备训练还局限于理论教学结合模拟训练设备或实际装备操练的方式。这种理论结合实际的方式虽能达到较好的学习效果,但也使教学、培训、训练工作受制于时间、空间、物理资源的约束,且相对经费投入较大,具体问题如下:

(1) 模拟训练设备造价相对较高,无法做到学员人手一台;

(2) 实物教学与装备任务使用冲突,实际装备往往要执行任务,无法长期用于教学、培训、训练;

(3) 模拟训练设备体型笨重,只能放置专用场所,

无法灵活适用于各种教学场景;

(4) 模拟训练设备的运行受制于硬件环境,需要定期维保,造成持续的经费投入;

(5) 模拟训练设备一旦发生故障将影响教学进度。

### 1.2 建设目标

以军用操控类设备为仿真对象,综合运用虚拟现实技术,将模拟训练设备抽象成逻辑资源,让一台设备变成几台甚至几十台相互独立而又相互联系的虚拟训练设备,不再受物理上的限制<sup>[1]</sup>,从而提高资源利用率,简化系统管理,实现服务整合。通过良好的训练流程控制,使学员可进行自主学习、操作演示、单人训练、多人协同训练,并且根据需要考核打分、统计分析。通过

收稿日期:2015-10-26

修回日期:2016-01-27

网络出版时间:2016-06-22

基金项目:中国人民解放军总装备部“十二五”装备预先研究项目(51319080202)

作者简介:赵伟(1983-),男,工程师,研究方向为软件测试、仿真和软件工程化。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160622.0844.030.html>

良好的权限控制建立系统管理员、教员、学员三层权限架构,系统管理员可进行用户信息维护,学员只能调阅自身训练数据,教员可调阅学员训练数据。

### 1.3 虚拟现实技术的发展及优势

虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)是在 20 世纪末 21 世纪初逐渐兴起的一门崭新的信息技术<sup>[2]</sup>。1992 年美国国家科学基金资助的交互式系统项目工作组的报告中对 VR 提出了较系统的论述。VR 技术是一门综合性强、适用程度高的新兴技术,它集计算机数字图像处理、计算机图形学、多媒体技术、传感与测量技术、仿真与人工智能等多学科于一体。利用虚拟现实技术可以创建一个逼真的具有交互性的虚拟三维空间,使用户有身临其境的沉浸感,具有与环境完善的交互作用能力,并有助于启发构思。所以说沉浸、交互、构思是 VR 环境系统的基本特征,其核心是建模与仿真<sup>[3]</sup>。

其概念如图 1 所示<sup>[4]</sup>。

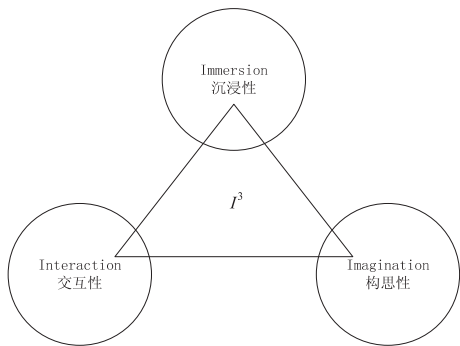


图 1 VR 概念图

VR 技术最早起源于美国,其研究方向主要集中在硬件、软件、界面、交互性四个方面,且都取得了突破性进展,而欧洲在交互性研究方面较为强势,对于产品设计、成本降低、新产品开发、产品演示、用户培训等方面都有深层次的应用。在国内,VR 技术研究起步较晚,计算机硬件相对发达国家比较落后。随着国内计算机硬件技术尤其是软件技术的快速发展,VR 技术在各领域得到了高度重视与广泛应用。

## 2 需求分析

### 2.1 功能分析

为确保训练工作的有效性,各种操控设备模拟训练时均强调场景的真实性,训练视觉、流程、逻辑控制与真实设备操控的一致性,训练数据的可查性。虚拟软件需实现以下功能:

(1)能够实现主要课目的模拟训练。用于培训设备使用管理人员,以迅速掌握设备操作技能,降低训练风险,节省培训成本,缩短培训周期,提高设备管理水平,延长设备使用寿命。

(2)创建操作区域三维虚拟场景,并以视景漫游的形式实现场景之间的切换。

(3)提供模拟训练时的仿真人机交互界面及信息管理、查询、统计界面,包括系统参数输入界面、人员信息管理界面、模拟训练界面、数据查询统计界面等。

(4)模拟设备的运行,并接收模拟训练输入指令,向监控系统提供动态运行参数。

(5)模拟设备的运行环境,自动或人工生成模型运行的边界条件。

(6)对设备进行三维建模,其中训练过程中所涉及到的操作部件控件为可操作控件。

(7)训练人员在合理正确执行操作后,系统可针对主要系统进行具体运行情况的原理性展示、关联系统情况展示等。通过同步化的训练场景原理动态展示,进一步深入和强化设备原理学习。

(8)各仿真设备逻辑控制、系统功能与母型船一致;需操作的阀门、开关、手柄等的位置和操作方式应与实际设备一致。

(9)设立系统管理员、教员、学员三级账户,系统管理员可进行用户信息维护,学员只能调阅自身训练数据,教员可调阅学员训练数据。

(10)训练类型包括自学习、操作演示、单人模拟训练、多人协同训练、考核。

(11)提供训练日志查询、训练日志统计、考核日志查询、考核日志统计、个人信息维护功能。

### 2.2 业务流程分析及系统流程图

模拟训练软件按功能类型可分为训练类功能、查询统计类功能、管理类功能,具体如下:

(1)训练类功能:自学习、操作演示、单人模拟训练、多人协同训练。

(2)查询统计类功能:学习日志查询统计、训练日志查询统计、考核查询统计。

(3)管理类功能:系统参数配置功能、用户信息管理能力。

具体流程如图 2 所示。

## 3 实现方法

将模拟训练设备抽象成逻辑资源,让一台设备变成几台甚至几十台相互独立而又相互联系的虚拟训练设备,不再受物理及空间上的限制,从而提高资源利用率,简化系统管理,实现服务整合<sup>[5]</sup>。

模拟训练软件的主要技术支撑体系如图 3 所示。

软件综合采用了以下技术,用于模拟训练软件的开发:

(1)基于 Java Spring、HTML5、CSS3 以及 Javascript 的 Web 开发技术,主要用于开发二维图形界面、模拟

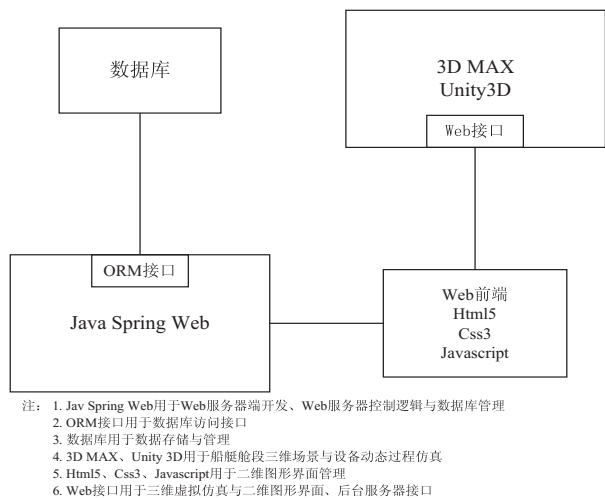
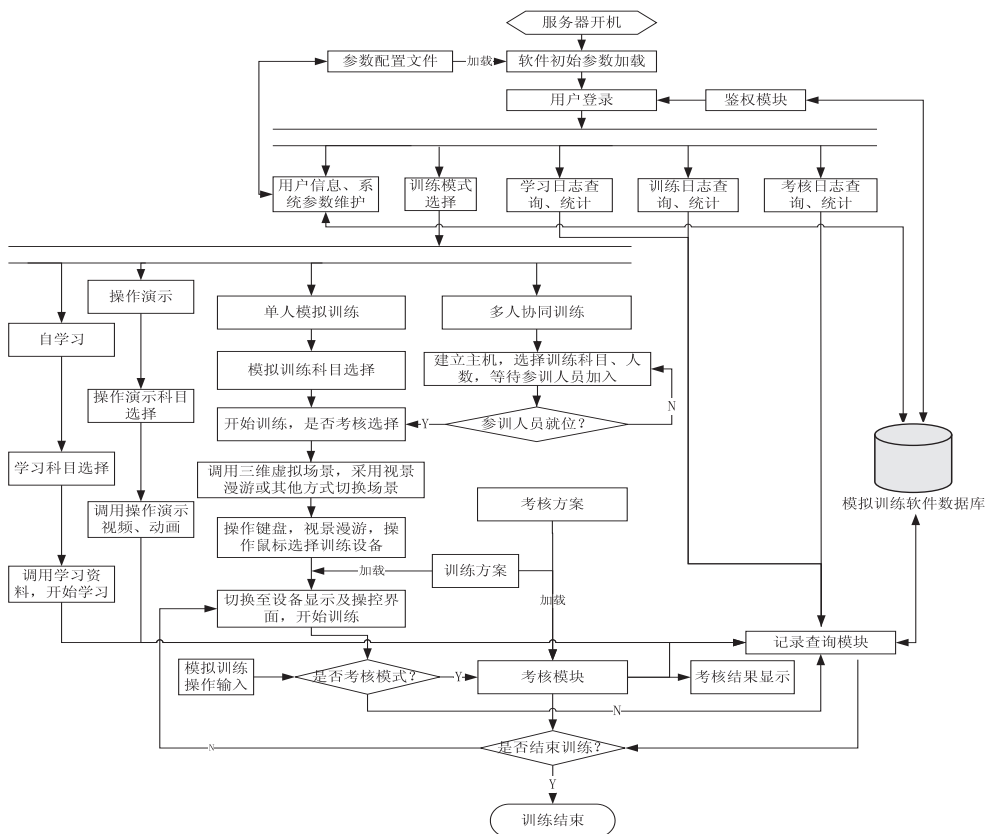


图3 主要支撑体系

训练软件对数据库的访问和管理等<sup>[6]</sup>;

(2) 基于 3Dmax、Unity3D 的三维虚拟现实技术, 主要用于开发三维场景, 及仿真设备的三维建模<sup>[7]</sup>;

(3) 基于关系数据库的模拟训练数据管理技术, 主要用于模拟训练数据的存储和管理<sup>[8]</sup>。

### 3.1 基于 Spring 的底层 Web 服务设计与实现

模拟训练软件是一个典型的以数据为中心、以控制器来驱动、以视图来表现的 MVC 架构系统。因此,文中系统主体框架采用了基于 Java Spring MVC 的 Web 架构<sup>[9]</sup>。Spring 是一个开源、轻量级的 Java 开发框架,其优势在于简单易用、功能强大,可降低大型应

用软件开发的复杂性。

系统底层 Web 服务所采用的设计策略类似于 Java 实现 OOP 的设计理念,即构建一个数据结构,然后根据这个结构设计它的生存环境,并让它在环境中按照一定的规律运行,在运行中设计一系列与环境或者与其他个体完成信息交换<sup>[10]</sup>。

基于 Spring 的底层 Web 服务基本框架如图 4 所示。

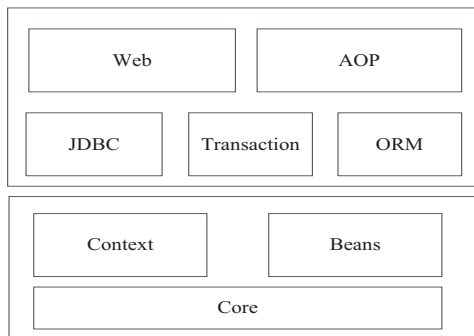


图 4 Web 服务基本框架

系统框架中的核心组件有三个:核心组件 Core、上下文组件 Context 和应用程序素材组件 Beans。

Beans 组件将对象之间的依赖关系转而为用配置文件来管理,也即依赖注入机制。而这个注入关系在一个 IoC 容器中管理,模拟训练软件通过把对象包装在 Bean 中以达到对这些对象进行管理以及一些列额外操作的目的<sup>[11]</sup>。Context 组件为 Beans 对象所包含的

数据提供生存环境,发现每个 Bean 之间的关系,并建立且维护好这种关系。Core 为发现、建立和维护每个 Bean 之间的关系提供所需要的一系列工具。

由于模拟训练软件主要基于 Web 架构,因此在核心组件的基础上开发 Web 组件,为各种 Web 服务提供支撑。Transaction 组件主要对模拟训练软件中的各种事务进行处理。由于模拟训练软件中需要用到各种面向切面开发技术,AOP 组件主要提供与面向切面开发相关的内容<sup>[12]</sup>。JDBC 组件主要为训练模拟器软件的各种数据库,如装备信息数据库、维修资源数据库、模拟训练数据库等,提供访问的直接接口。ORM 组件在 JDBC 组件的基础上,对模拟训练软件数据模型进一步进行抽象,同时简化访问接口,增强其他组件访问数据模型的便捷性和可靠性。

3.2 软件后台功能设计与实现

模拟训练软件采用经典的 MVC 架构。MVC 全名是 Model View Controller,是模型(Model)-视图(View)-控制器(Controller)的缩写,是一种软件设计典范,用一种业务逻辑、数据、界面显示分离的方法组织代码,将业务逻辑聚集到一个部件里面,在改进和个性化定制界面及用户交互的同时,不需要重新编写业务逻辑<sup>[13]</sup>。MVC 广泛地用于映射传统的输入、处理和输出功能在一个逻辑的图形化用户界面的结构中。使用 MVC 的目的是将 M 和 V 的实现代码分离,从而使同一个程序可以使用不同的表现形式。C 存在的目的则是确保 M 和 V 的同步,一旦 M 改变,V 应该同步更新。其中,Model 和 Controller 主要在后台服务器实现<sup>[14]</sup>。View,即界面,主要在前台客户端实现。

3.3 系统软件总体架构和功能模块设计

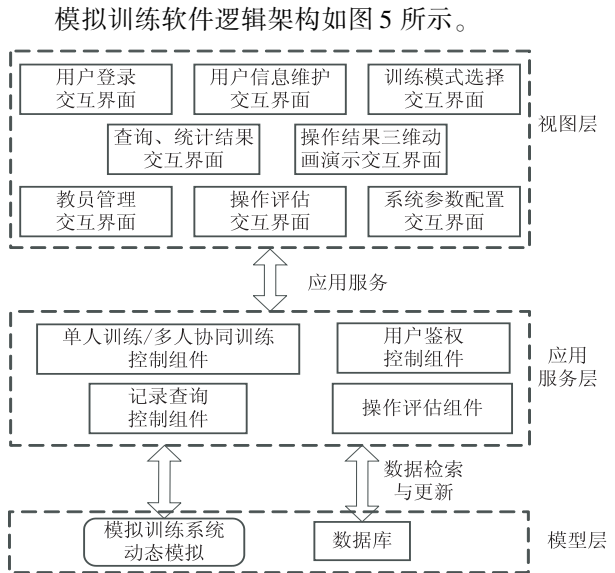


图 5 软件逻辑架构

根据模拟训练人机界面与实船监控系统相似性原则,模拟训练设施的设计应最大程度上模拟训练设

备的人机交互方式,系统软件拟采用三层组件模块式架构,将模型及数据、应用服务、视图分层实现。

模型层是整个软件系统的模型及数据支撑,其主要功能包括:为系统提供机电模型,利用现有的平台管理网络,与应用服务层进行数据交互。

应用服务层是系统功能组件的实现层,从模型及数据层读取数据,按一定的组件粒度,实现模拟训练软件应用组件和公共应用组件,供视图层调用。

视图层根据模拟训练内容及场景的需求,调用应用服务层组件,实现模拟训练、教练指导、操作评估、系统维护等各种人机交互界面。

模拟训练软件的组成如表 1 所示,整个模拟训练软件采用了经典的 MVC 模式。

表 1 模拟训练软件组成

序号	软件名称	主要功能
1	交互界面模块	提供人机界面访问 Web 服务器,选择训练模式、用户信息维护、查询训练结果
2	训练控制模块	管理单人训练,多人协同训练。分发训练任务,对训练过程进行时序管理
3	虚拟场景交互模块	创建操作区域三维虚拟场景,收集用户训练操作,根据用户输入进行实时场景显示
4	操作评估组件模块	根据需要设置训练内容,建立合适的操作评估指标体系,实现评估算法,收集用户的训练信息,提供相应的人机交互界面,对训练效果进行评估并显示。实现对训练历史数据的查询、统计和显示
5	用户鉴权控制组件	提供用户访问控制功能,根据不同的用户分配访问权限

3.4 评估算法设计与实现

在软件构建实施时,评估算法计划由下式表示:  
$$Score = W_{OpF} \bullet Score_{OpF} + W_{OpT} \bullet Score_{OpT} + W_{OpC} \bullet Score_{OpC}$$
$$W_{OpF} + W_{OpT} + W_{OpC} = 1$$

其中,Score 表示总得分。对于单人考核,Score 表示该训练员的最终考核成绩;对于多人考核,Score 表示该训练小组最终的考核成绩。 $W_*$ 表示单项指标的权重,其中  $W_{OpF}$  表示操作质量得分权重,  $W_{OpT}$  表示操作总时间得分权重,  $W_{OpC}$  表示指挥口令与应答情况得分权重。

单项指标权重是模拟训练系统设定值,不能随意更改,若需更改,则系统管理员需接收到相关管理部门指示后方能更改。

相应的,  $Score_{OpF}$  表示操作质量得分,  $Score_{OpT}$  表示操作总时间得分,  $Score_{OpC}$  表示指挥口令与应答情况得分。其中,  $Score_{OpC}$  由教练员根据考核实际情况人工打分并录入模拟训练系统中,  $Score_{OpF}$  和  $Score_{OpT}$  由模拟训练系统根据训练员训练情况自动给出,其具体算法如下:

$$\text{Score}_{\text{OpF}} = \begin{cases} 100 - \sum_{i=1}^n F_i, & \sum_{i=1}^n F_i < 100 \\ 0, & \sum_{i=1}^n F_i \geq 100 \end{cases}$$
$$\text{Score}_{\text{OpT}} = \begin{cases} 100, & t \leq T_{100} \\ 50 \left( 1 + \cos \frac{\pi(t - T_{100})}{T_0 - T_{100}} \right), & T_{100} < t < T_0 \\ 0, & t \geq T_0 \end{cases}$$

其中,  $F_i$  表示某次操作错误所需扣的分数,具体扣分情况需根据具体某次操作在整个训练中的重要地位决定。当操作错误总扣分超过 100 分时,  $\text{Score}_{\text{OpF}}$  等于 0。 $T_{100}$  表示操作时间单项指标所规定的能够在此单项指标上获取满分的最大临界操作时间。当实际操作时间超过  $T_{100}$  时,会产生扣分。 $T_0$  表示操作时间单项指标所规定的在此单项指标上得 0 分的最小临界操作时间。当实际操作时间超过  $T_0$  时,操作时间单项指标得分总是记为 0 分。

4 结束语

文中针对虚拟现实技术应用于操控类设备模拟训练的实现方法进行研究。从模拟训练场景的真实性,训练视觉、流程、逻辑控制与真实设备操控的一致性,训练数据可查性的角度出发,设计了一款模拟训练软件的开发架构。该架构的特点是通用性强,能够适应任何可操控设备的模拟训练软件开发,具有较高的实用价值。

参考文献:

[1] 汪成为,高文,王行仁. 灵境(虚拟现实)技术的理论、实现及应用[M]. 北京:清华大学出版社,1996.

(上接第 108 页)

验证[J]. 河南师范大学学报:自然科学版,2006,34(4):40-42.

[9] Alur R, Dill D L. A theory of timed automata[J]. Theoretical Computer Science, 1994, 126(2):183-235.

[10] Behrmann G, David A, Larsen K G. A tutorial on UPPAAL 4.0 [R]. Denmark; Aalborg University, 2006.

[11] Havelund K, Larsen K G, Skou A. Formal verification of a power controller using the real-time model checker UPPAAL [J]. Lecture Notes in Computer Science, 1999, 1601:277-298.

[12] Lindahl M, Pettersson P, Yi W. Formal design and analysis of a gear controller[J]. International Journal on Software Tools for Technology Transfer, 2001, 3(3):353-368.

[13] Bengtsson J, Boud G W O, Kristoffersen K J, et al. Automated

[2] 曾建超,俞志和. 虚拟现实的技术及其应用[M]. 北京:清华大学出版社,1996.

[3] Zhou Ningning, Deng Yulong. Virtual reality: a state-of-the-art survey[J]. International Journal of Automation & Computing, 2009, 6(4):319-325.

[4] 陈浩磊,邹湘军,陈燕,等. 虚拟现实技术的最新发展与展望[J]. 中国科技论文在线, 2011, 6(1):1-5.

[5] Yu Ziyue, Gong Bo, He Xingui. Virtual reality mobility model for wireless ad hoc networks[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics, 2008, 19(4):819-826.

[6] Li Deyi, Liu Kun, Sun Yan, et al. Emergent computation: virtual reality from disordered clapping to ordered clapping[J]. Science in China (Series F: Information Sciences), 2008(5):449-459.

[7] Zhang Jinling. Construction of parallel and distributed static simulation system based on augmented reality[J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2012, 19(4):117-121.

[8] Essam A E, Sun Jinping, Mao Shiyi. Enhancing the accuracy for target detection by using Fast Orthogonal Search (FOS) [J]. Computer Aided Drafting, Design and Manufacturing, 2010, 20(1):93-98.

[9] 胡小强. 虚拟现实技术[M]. 北京:机械工业出版社, 2005.

[10] 黄明吉. 虚拟数控技术及应用[M]. 北京:化学工业出版社, 2005.

[11] 申玉斌,蔡勇. 在分布式虚拟现实的环境中数据传输的研究[J]. 微计算机信息, 2004, 20(6):106-108.

[12] 郭蕴华,陈定方. 面向分布式虚拟设计的协同工作环境研究[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 17(1):143-150.

[13] 潘志庚,姜晓红,张明敏,等. 分布式虚拟环境综述[J]. 软件学报, 2000, 11(4):461-467.

[14] 邹湘军,孙健,何汉武,等. 虚拟现实技术的演变发展与展望[J]. 系统仿真学报, 2004, 16(9):1905-1909.

verification of an audio-control protocol using UPPAAL[J]. The Journal of Logic and Algebraic Programming, 2002, 52-53:163-181.

[14] Hessel A, Pettersson P. Model-based testing of a WAP gateway: an industrial case-study [C]//Proceedings of the 11th international workshop, FMICS 2006 and 5th international workshop, PDMC conference on formal methods: applications and technology. [s. l.]: Springer-Verlag, 2006:116-131.

[15] Ravn A P, Srba J, Vighio S. A formal analysis of the web services atomic transaction protocol with UPPAAL [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2010, 6415:579-593.

[16] Ravn A P, Srba J, Vighio S. Modelling and verification of web services business activity protocol [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2011, 6605:357-371.