

基于OpenStack的高端装备协同设计平台研究

马钰 张昕

(长春理工大学计算机科学技术学院, 吉林长春 130022)

摘要: 为解决哈长城市群高端装备制造业科技服务中协同设计版本不一致、协同效率低的问题, 本文基于OpenStack开源云计算平台, 利用noVNC等虚拟化技术, 对广域分布的异构计算资源进行组织管理, 构建可伸缩的高端装备协同设计平台, 提出基于Web浏览器访问远程桌面进行图形化共享控制的总体设计方案。经测试, 平台可向不同高端制造业提供良好的协同设计平台和虚拟云存储服务, 满足现阶段高端装备制造业协同设计的实际需求。

关键词: OpenStack; 协同设计平台; noVNC; Web远程桌面; 桌面虚拟化; GitBlit仓库

中图分类号: TP391

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2020.04.003

Research on OpenStack-based High-end Equipment Collaborative Design Platform

MA Yu, ZHANG Xin

(School of Computer Science and Technology, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022)

Abstract: In order to solve the problem of inconsistent collaborative design versions and low collaboration efficiency in high-end equipment manufacturing technology services in Harbin-Changchun Urban agglomeration, this article builds a scalable high-end equipment collaborative design platform, and proposes a Web browser to access remote desktops for graphics the overall design of the shared control based on OpenStack open source cloud computing platform and noVNC and other virtualization technologies to organize and manage wide-area distributed heterogeneous computing resources. The test shows that, the platform can provide good collaborative design platforms and virtual cloud storage services to different high-end manufacturing industries, and meet the actual needs of collaborative design of high-end equipment manufacturing industries at this stage.

Keywords: OpenStack, collaborative design platform, noVNC, Web remote desktop, desktop virtualization, GitBlit warehouse

0 引言

高端装备制造业是我国装备制造业的高端领域, 具有知识密集、技术密集和多学科交叉集

成度高等特点^[1]。目前, 高端装备制造业正在从以产品为中心的制造环节逐步转向以知识为中心的产品创新设计环节。云计算的应用为集成和共享高端制造业企业的科技资源、实现跨企业的协

作者简介: 马钰 (1999—), 男, 长春理工大学计算机科学技术学院本科生; 张昕 (1974—), 男, 长春理工大学讲师, 主要研究方向: 计算机网络 (通信作者)。

基金项目: 国家重点研发计划现代服务业重点专项项目“哈长城市群综合科技服务平台研发与应用示范”(2017YFB1401800)。

收稿时间: 2020年3月23日。

同发展提供了新的思路和方向^[2]。企业价值增值的核心因素正在向以知识为中心的产品创新设计迈进。哈长城市群综合科技服务致力于打造一体化平台，服务于东北老工业基地，整合科技服务资源，带动地区产业创新、技术创新。高端装备制造制造业科技服务是其中重要一环，其主要研究内容是构建虚拟现实辅助协同设计科技服务，提供高端装备制造协同研发设计服务，解决区域制造业分布式研发设计协同问题，实现高端装备制造产业集群科技服务应用与哈长城市群科技服务资源池的对接，完成与典型区域综合科技服务云平台的集成，提供真正的“一站式”^[3]资源服务，进一步提高东北老工业地区高端制造业的整体水平。哈长城市群高端装备制造产业集群创新和协同设计的过程中存在不同版本、整体业务流程不完善、体系结构不完整、操作平台不统一等问题。以往的处理办法是由人工收集所有的版本并手动整合成最终版本，但由此带来的是额外的工作量和极低的工作效率。为解决这一问题，本文基于OpenStack搭建高端装备协同设计平台，利用Web浏览器结合noVNC技术实现虚拟机远程桌面的在线共享、控制，实现高端装备协同设计；采用GitBlit版本仓库技术对文档、图纸等数据文件进行集中管理，保障设计的完整性与一致性，同时突破设计合作中地域、时间和设备的限制。

1 相关技术

1.1 OpenStack 简述

OpenStack由美国国家航空航天局和Rack-space合作研发，经过Apache许可证授权，是一个开放源代码项目^[4]。若干组件高度配合，协助工作，提供更加稳定的系统平台。项目中主要包含Nova、Swift、Glance^[5]等模块，分别提供计算、存储与镜像服务。各模块既能相互合作，又能各自独立工作，提供整套云基础架构服务，充分发挥虚拟化、云存储等功能。同时包含统一存储管理模块Cinder、Server SAN、IPSAN、FCSAN等架构，支持文件存储、块存储等丰富的存储服务模式^[6]。目前，Dell、Cisco等重量级的企业

都积极参与研发应用，加快OpenStack的发展。OpenStack主要包含以下5个组件^[7]。Keystone：实现用户访问身份认证；Glance：实现批量维护、管理虚拟机镜像资源；Nova：是OpenStack的计算核心，对计算资源、网络环境、身份授权等进行统一管理；Neutron：实现虚拟用户创建自己的虚拟网络拓扑；Horizon：为用户和管理员提供一个Web可视化界面，方便进行虚拟资源的批量管理和操作。

1.2 noVNC 系统

VNC (Virtual Network Computer)^[8]是AT&T欧洲实验室研发的图形化远程桌面共享系统，包含VNC Viewer、VNC Server和RFB (Remote Frame Buffer)^[9]等若干个重要模块(图1)。

RFB协议是定义在帧缓冲粒度^[9]上的，与早期的X11协议在某些程度上具有较大差异，与所有操作系统和窗口应用都有很好的兼容性。交互时，首先由VNC Viewer和VNC Service模块协商编码算法，然后由VNC Service向VNC Viewer发送一个完整的窗口像素图，更新矩形区域内动态变化的像素。

noVNC是基于B/S架构的、采用HTML5技术的VNC远程客户端。其架构如图2所示，主要由以下3个组件构成。RFB：驱动其他组件的状态机，其主要作用是封装了RFB协议的具体内容；Canvas：为HTML5 Canvas API提供了一个抽象画布，并提供不同的应对方案给某些没有完美支持Canvas的浏览器；传输协议转换：在

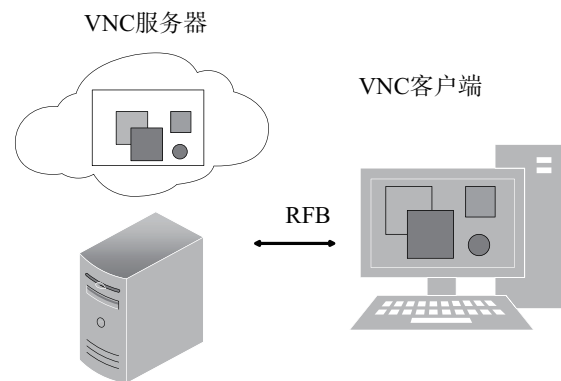


图1 VNC架构和RFB原理

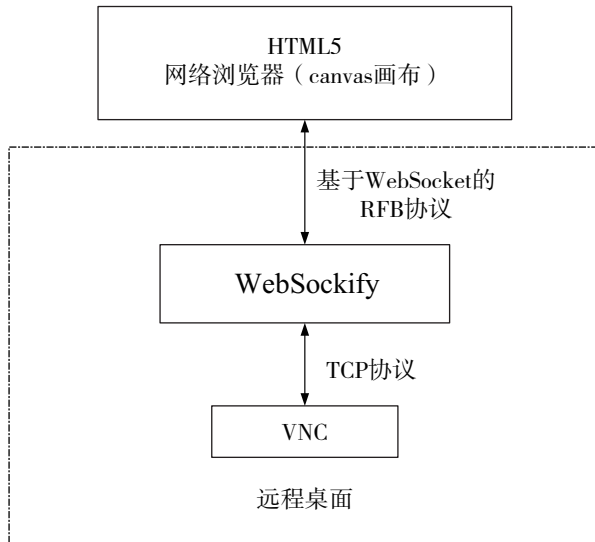


图2 noVNC架构

VNC Server支持WebSocket前，将TCP Socket转换到WebSocket的一种传输协议。

1.3 GitBlit与Git-GUI技术

GitBlit是一个开源代码的纯Java堆栈，用于管理、查看和服务Git存储库。它主要为小型工作组提供存储库的集中托管服务。不需要安装Apache、Git、GitWeb等即可直接使用，具有良好的兼容性，有助于进行轻量化部署。同时，GitBlit可用作没有管理控制或用户账户的亚存储库查看器，可以作为完整的Git堆栈，用于克隆、推送和存储库访问控制。GitBlit支持SSH、HTTP和Git协议，融合了GitHub等元素，对基于主存储库中的分支提供简化的协作 workflow。

Git-GUI技术是Git的一个官方插件，用图形化界面的方式进行Git的PR（Pull Request，拉取请求）操作。Git-GUI更加专注于单文件注释，在多个设计任务文件上传时，可以对每个文件进行单独注释，使得对数据的管理更加清晰。

1.4 Spring Boot + Vue框架

Spring Boot框架是由Pivotal团队开发提出的新型服务端框架，方便开发者进行Spring应用快速初始搭建、样板化配置^[10]及快速部署。“约定优于配置”原则是Spring Boot框架的一大特点，项目本身可用于实现多层架构体系^[11]的模型业务，减少对项目文件的配置，模块之间具有“高

内聚，低耦合”等特点。

Vue是一款新型的前端框架，其专门针对MVVM（Model-View-ViewModel, MVC框架的改进版）^[12]前端，框架本身具有双向绑定的功能，能够将数据的变化显示并反映出来，最终将其变化映射到虚拟DOM上。框架采用了单页面技术，实现了大量控件的复用。另外，Vue具备多方面应用、与第三方项目高度兼容等特点。目前将Vue与一些新型的工具、框架等结合可更加方便地解决更多的问题。

2 高端装备协同设计平台的构建

2.1 需求分析

现阶段哈长城市群高端制造业协同设计任务特点有：（1）参与人数多，需要多人同时操作同一台虚拟机完成协作任务。（2）文件共享、访问需求量大。需要进行频繁得图纸文件改动、上传、下载等操作。（3）不同设计任务需要进行分类管理，不同企业需要统一管理自家企业参与的设计任务。（4）需要多台高性能的计算机安装特定的设计、流通软件来辅助完成任务，对计算机的数量、配置要求较高。

平台主要为方便多人同时操作，具有模块化设计，减少模块数量，方便易用，提供流程化、完整化业务操作，以及提供快速、高效、批量管理等功能。

2.2 系统总体架构设计

首先，平台基于OpenStack的开发，提供高效、高安全、高可用的虚拟计算机供不同高端制造商在完成协同设计任务时使用，并集成管理模块系统，在规范化框架下对不同制造业厂商进行统一管理，提高平台整体性。其次，平台引入GitBlit技术，批量化整合生产过程中产生的各种数据文件，有助于企业管理员进行版本控制、图纸合并、数据共享、批量管理等操作。考虑到协同设计人员可能短时间内无法快速熟悉并掌握Git用法和指令，平台采用Git-GUI为数据文件的提交和管理工作提供可视化技术方案，从而进一步降低平台的使用难度，提供友好的交互体

验，增加平台的实用性和易用性。

在实际使用生产过程中，需要若干业务流程用来辅助协同设计，例如设计者、企业管理员等角色、权限的分配；设计任务、流通任务的分配；订单流程的运转等操作。平台采用Spring Boot技术并提供一套完整的解决方案，以方便完成不同业务流程的实现。Vue技术为平台提供大量表单信息展示、表单填写及时响应、数据的统计与可视化等功能。平台采用单页面模块化开发模式，在不跳转页面的前提下显示不同的内容，提高代码重用性，减少开发者的工作量，保证平台样式整体性。平台使用iframe展示noVNC操作界面，点击不同标签可以快速切换虚拟机。

基于以上研究，总结形成系统架构，如图3所示。哈长城市群高端装备制造业协同设计平台分为3个层面，分别为OpenStack虚拟机资源层、服务管理层和Web协同设计平台门户。基础设置资源层借助开源的OpenStack云计算解决方案，利用noVNC远程访问OpenStack预先配置好的多台虚拟机，用户可以按不同的设计要求、设计任务链接相应的虚拟机完成特定的工作。服务管理层则是以服务端点^[13]的方式将协同设计平台的用

户认证、资源管理、业务处理流程等服务按需提供给高端装备制造业使用。Web协同设计平台门户是基于Spring Boot + Vue的统一入口，各个高端制造业企业设计、流通人员输入用户名密码，即可以登录本平台进入不同的设计任务，并通过平台远程访问虚拟机完成对应的设计任务。

该系统的特点是可以让哈长城市群高端装备制造企业在不同设备上通过本平台同时或交替操作云桌面，实现实时的协同设计任务，并有效保存在设计过程中产生的数据内容和设计图纸。

3 高端装备协同设计平台的功能

在充分研究理解OpenStack原生服务的基础上，结合现阶段哈长城市群高端制造业企业在协同设计、协同流通等方面的业务流程需要，有针对性地进行二次功能设计和开发。以下介绍平台中的核心模块功能。

3.1 工作流程设计

哈长城市群高端装备制造业设计人员通过本企业管理员预先分配的账号密码登录本平台，通过身份验证后进入待接收设计任务列表界面，通过界面上的操作，跳转到工作台界面，按不同的

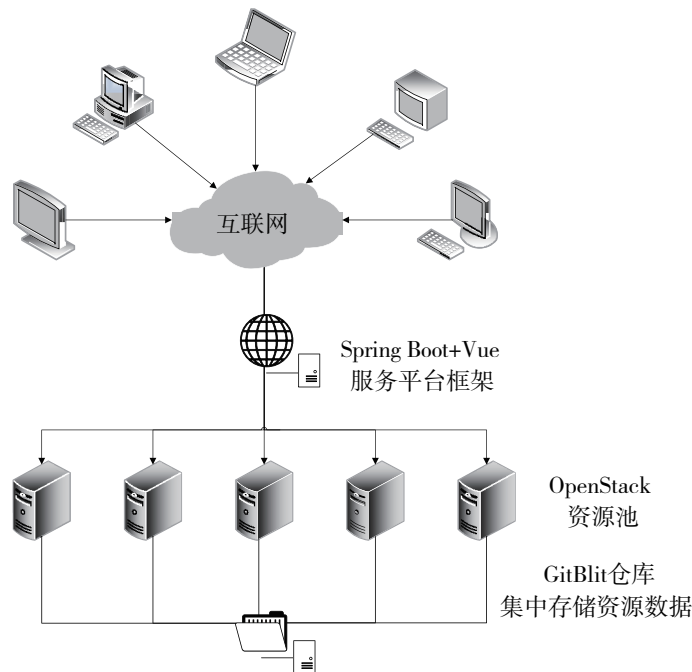


图3 系统架构图

任务取得资源，链接虚拟机，并通过noVNC技术实现远程登录预先分配好的虚拟机进行协同设计操作。结束后，通过GitBlit将数据文件和图纸文件统一上传到文件服务器上进行管理，最后释放操作权限。具体工作流程设计如图4所示。

(1) 设计人员登录平台进行验证。

(2) 通过验证后进入设计任务列表界面，链接所需的虚拟机。

(3) 选择任务后，通过noVNC连接到虚拟机，与其他设计人员共同操作本虚拟机，或交替控制虚拟机，完成相应的协同设计任务。

(4) 通过Git-GUI可视化界面，将设计任务产生的数据文件和图纸文件上传到文件服务器上，进行统一管理。

(5) 完成设计任务后，系统创建虚拟机快照保存当前状态，然后断开虚拟机链接^[10]。

(6) 当设计人员退出平台时，系统根据虚拟机快照状态自动判断是否需要更新，否则直接退出平台。

(7) 当设计人员再次进入当前设计任务时，可以通过快照恢复当前虚拟机状态，或创建一台新的虚拟机，继续进行设计任务。

3.2 数据文件和图纸文件管理

在进行协同设计过程中会产生很多的数据文

件和中间件设计图纸等一系列文件，在当前虚拟机使用Git-GUI可视化Git技术，方便上传当前更改和新增的内容，并添加完善的注释，选择指定URL提交到当前设计任务的远程仓库，方便管理当前项目文件和确定当前任务的具体进度。具体流程设计如图5所示。

当设计人员再次进入设计任务对应虚拟机进行二次协同设计时，可以进入Git-GUI界面更新拉取已经提交的项目数据文件和图纸，进行版本的统一化，防止因为版本不同而出现错误。具体流程设计如图6所示。

3.3 Web协同设计平台门户

本协同设计平台是基于Spring Boot+Vue的Web平台，在本平台中完成设计任务全部过程，从提出设计任务需求，到多家企业接收设计，并分配给设计人员进行多家企业的协同设计操作。为哈长城市群高端制造业企业提供了大量的信息展示功能，使得任务更加规范化、流程化，并通过自行拟定了评价标准，实现本产业群科技服务应用与哈长城市群科技服务资源池的对接，完成与典型区域综合科技服务云平台的集成，对经过本平台设计的设计人员、高端企业进行系统评价。同时，采用Spring Boot+Vue框架进行前后端分离开发，大大缩短开发速度，提高开发质量，

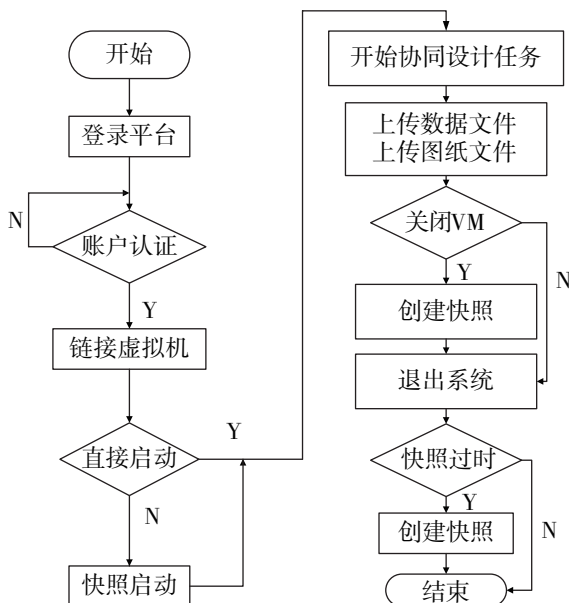


图4 基本工作流程

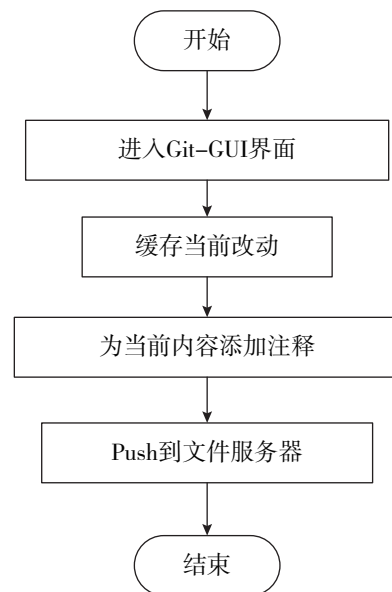


图5 上传文件流程

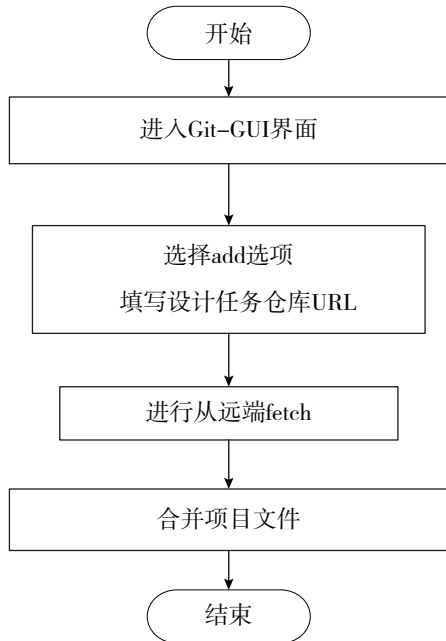


图6 拉取文件流程

充分提高了整个平台的流畅性、稳定性等。

4 高端装备协同设计平台的应用与服务

4.1 协同设计服务

协同设计服务旨在为哈长城市群高端装备制造业企业工作人员提供一站式的与设计、流通任务相关的业务流转、工作协同、数据共享、远程访问虚拟机等服务，并为各企业系统管理员提供快捷日志管理服务。企业管理员可以通过分配的其他菜单，方便地完成设计任务的流转等工作。在以往的平台系统中，出现误操作或需要进行回滚操作时，系统无法提供快捷有效的方法，导致维护平台数据非常困难。因此，平台提出系统日志的概念，所有的任务流程都可以通过查询追溯每一步操作的具体内容，如操作人、操作时间、操作对象等，并提供有效的回滚方式，平台管理员无需再进行手动更改数据库等高危操作，从而使得高端协同设计任务流程更加规范化、便捷化，在维护数据时使用系统提供的规范化操作，可以进一步减少误操作的危险。

设计人员输入管理员预先分配的账号密码后登录网站进入如图7所示的页面。设计人员可以快速查看当前待接收设计任务、任务名称、任

务类型、任务完成时间等信息，然后根据不同的装备设计需要或者任务优先级选择不同的协同任务，点击后方的进入工作台按钮，链接到相应的虚拟机，无需进行繁琐的部署，可以快速地进行相应的协同设计任务。同时可以通过点击任务提交，任务详情和下载附件等功能按钮，完成一套完整的业务流程，并可以进行已完成任务的复现和参考。在实际生产过程中本平台提供了多个企业同时登录同一台虚拟机的功能，以满足协同设计任务过程中的不同需要。

传统虚拟机平台只提供了虚拟机窗口供设计人员使用，但在设计过程中如产生了一些中间数据或中间零部件等内容时，只能通过本地电脑的截屏等操作来保存数据，共享这些数据时存在一定的困难；对虚拟机操作时，部分快捷键失效，无法完成特定的功能。本平台提供了多个快捷组合键按钮和富文本编辑器等功能控件，方便在开发过程中对虚拟机进行快捷键操作以更加方便地配合设计软件进行工作，更加方便地保留设计过程中产生的数据、图纸文件、截图等信息，并通过平台进行数据共享和任务协同。在虚拟机操作界面中添加了多个虚拟机标签，可以在设计过程中方便快捷地访问其他虚拟机，快速获取协同数据等资源，而无须打扰其他设计任务。

工作台操作界面如图8所示，即可通过预先部署好的OpenStack虚拟机和noVNC控件访问需要的虚拟机，输入不同的noVNC链接密码，分配不同的操作权限，实现多人同时登录同一台虚拟机，完成协同设计任务，使用预先安装的专业设计软件与其他访问本虚拟机的设计人员开始进行协同设计任务，并在右侧展示任务相关信息，可供协同设计人员更加方便的查看任务信息，以提高工作效率。

通过访问不同的虚拟机，可以更加节省计算机资源，在需要的时候分配对应的资源，完成任务后系统自动回收资源，从而节省了成本花销，也使平台的稳定性和必要性得到保证。协同设计人员可以点击虚拟机上方提供的不同标签页，快速切换到不同企业、任务所属虚拟机，并输入对



图 7 设计任务界面



图 8 虚拟机操作界面

应的密码，提高协同工作效率。

4.2 设计文档管理服务

设计文档管理服务主要为哈长城市群高端装备制造制造业企业提供碎片化数据文件整合、可视化项目文件管理与共享、版本库管理等服务。在以往的平台中，设计任务完成后，数据、文档的项目文件需要通过第三方软件进行传输，需要仓库

机长时间有管理员在线接收文件内容，这就造成了很多不必要的开销，且存在工作效率低、文件处理难度大等问题，并因为网络问题造成文件的缺失，对高端制造商造成不可挽回的损失。本平台集成了GitBlit和Git-GUI技术，可以不依赖第三方网络程序，直接通过GIT技术将数据文件上传至仓库机，且仓库机运行的GitBlit能够自动处

理上传的文件、自动进行版本的合并等操作，无需管理员长期把守，只需要进行定期维护即可。再获取项目文件方面也变得更加简单便捷。

完成设计任务后，进入如图9和图10所示的Git-GUI界面，通过提供的分支、提交、合并、远端以及下方的重新扫描按钮，完成对项目版本的扫描、缓存、添加注释、上传、合并等操作，仓库服务器端收到提交后会主动对版本进行合并和更新，提高平台系统稳定性。

4.3 数据文件维护服务

数据文件维护服务为哈长城市群各高端装备协同设计企业管理员提供可视化版本库管理、项

目文件整合与共享服务。在实际生产使用过程中，平台提供了基于Web的版本库操作界面供管理员进行定期维护，通过企业分配的管理员权限访问“仓库机”，完成对任务版本的维护、合并、转发、整合等工作，并添加误操作回滚和无用数据删除等功能以减少错误率。

管理员在收到设计人员通知后，访问文件服务器，查看不同项目组中的文件提交情况，进行图纸文件、数据文件等设计任务文件的分支合并、备份等操作，维护数据文件的完整性。使用GitBlit自带的Web可视化页面可以更加方便地完成这项工作（图11）。通过点击右上角的派生，



图9 Git-GUI提交管理界面



图10 Git-GUI上传对话框



图 11 GitBlit 服务器端 Web 管理页面

编辑等功能，完成分支的创建与合并，项目的归档和权限的更改。

5 结语

装备制造业与生产性服务业互动融合发展已成为装备制造业向全球价值链高端攀升的新动力。本文基于OpenStack构建了哈长城市群高端装备协同设计服务平台，实现分布式协同设计，解决用户使用过程中版本不一致、业务流程不完善的问题。通过可视化虚拟平台技术，旨在为哈长城市群高端制造业生产设计过程中提供更加真实的数字化模型，更加方便、详细的协同设计方案，为哈长城市群高端制造业提供了功能丰富的“一体化”平台。通过预先分配的虚拟机资源池，可以减少设备购置量，并减少、减轻繁琐的设备环境维护工作和杂项数据管理工作，为现阶段哈长城市群高端制造业提供优质的服务。

参考文献

- [1] 肖小平, 周光辉, 张超, 等. 面向高端装备产品设计的多模式知识服务方法[J]. 应用科技, 2019, 46(1): 11-18.
- [2] 谢正旺, 赵秀粉, 殷国富. “云+边”科技服务协同平

台设计[J]. 中国科技资源导刊, 2019, 51(6): 29-35.

- [3] 游静, 魏祥健. 成渝城市群科技服务平台问卷分析及其集成运营模式的建立[J]. 中国科技资源导刊, 2019, 51(5): 26-33.
- [4] 张子凡. OpenStack部署实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2014.
- [5] 樊为民. 基于OpenStack的校园云计算平台构建研究[J]. 无线互联科技, 2017(15): 42-43.
- [6] 赵峰, 石佳磊, 李祉岐, 等. 基于OpenStack的电力信息网运维平台研究[J]. 制造业自动化, 2015, 37(13): 148-152.
- [7] 程东, 陈俊明. 基于openstack的云实验室的设计与实现[J]. 福建电脑, 2014, 30(11): 126-127.
- [8] RICHARDSON T, STAFFORD-FRASER Q, WOOD K R, et al. Virtual network computing[J]. IEEE Internet Computing, 1998, 2(1): 33-38.
- [9] 贾立辉, 孙剑, 杨澎涛, 等. 基于noVNC的Web远程桌面优化实践[J]. 油气地球物理, 2019, 17(3): 36-40.
- [10] 吕宇琛. Spring Boot框架在Web应用开发中的探讨[J]. 科技创新导报, 2018(8): 168-169.
- [11] 朱峰. 基于Spring Boot和Vue的火电SIS系统设计与实现[J]. 科技创新导报, 2019, 16(26): 36-37.
- [12] 杨妍. 基于Spring Boot与Vue的系统管理模块开发探究[J]. 电声技术, 2019, 43(2): 32-34.
- [13] 王军锋, 卫伟. Openstack教学科研云平台的设计实现[J]. 中国计量学院学报, 2015, 26(4): 467-473, 508.