|  |  |
| --- | --- |
|  | 学校代码：10246 |
|  | 学 号：17212040263 |



硕 士 学 位 论 文

**（专业学位）**

**基于状态反馈负载均衡策略的区块链服务平台设计与实现**

**A** **Design and implementation of blockchain service platform based on state feedback load balancing strategy**

|  |  |
| --- | --- |
| 院 系： | 计算机学院 |
| 专业学位类别(领域)： | 计算机技术 |
| 姓 名： | 赵晓峰 |
| 指 导 教 师： | 卢暾 副教授 |
| 完 成 日 期： | 年 月 日 |

指导小组成员名单

顾 宁 教 授

张 亮 教 授

卢 暾 副教授

丁向华 副教授

**目 录**

[摘 要 I](#_Toc26713081)

[Abstract II](#_Toc26713082)

[第一章 绪论 1](#_Toc26713083)

[1.1 研究背景 1](#_Toc26713084)

[1.2 国内外研究现状 2](#_Toc26713085)

[1.3 主要工作和创新点 2](#_Toc26713086)

[1.4 篇章结构 3](#_Toc26713087)

[第二章 相关工作及技术背景 4](#_Toc26713088)

[2.1 区块链技术 4](#_Toc26713089)

[2.2 容器化技术 6](#_Toc26713090)

[2.3 微服务技术 7](#_Toc26713091)

[2.4 负载均衡技术 8](#_Toc26713092)

[2.5 小结 8](#_Toc26713093)

[第三章 基于微服务的以太坊服务系统架构设计 8](#_Toc26713094)

[3.1 区块链技术在私募股权场景应用分析 9](#_Toc26713095)

[3.2 基于状态空间的反馈负载均衡策略 9](#_Toc26713096)

[3.3 基于负载均衡的区块链服务系统设计 9](#_Toc26713097)

[3.3.1 系统设计目标及原则 9](#_Toc26713098)

[3.3.2 系统的整体架构 9](#_Toc26713099)

[3.4 本章小结 9](#_Toc26713100)

[第四章 基于负载均衡的区块链服务系统实现 9](#_Toc26713101)

[4.1 系统的业务组件 10](#_Toc26713102)

[4.1.1 写操作服务 10](#_Toc26713103)

[4.1.2 读操作服务 10](#_Toc26713104)

[4.2 系统功能组件 10](#_Toc26713105)

[4.2.1 服务注册中心 10](#_Toc26713106)

[4.2.2 API网关 10](#_Toc26713107)

[4.2.3 熔断保护 10](#_Toc26713108)

[4.3 区块链服务平台 10](#_Toc26713109)

[4.4 负载均衡器 10](#_Toc26713110)

[4.5 本章小结 10](#_Toc26713111)

[第五章 实验与分析 11](#_Toc26713112)

[5.1 系统功能评估 11](#_Toc26713113)

[5.2 系统性能评估 11](#_Toc26713114)

[5.2.1 相关架构与算法 11](#_Toc26713115)

[5.2.2 实验数据 11](#_Toc26713116)

[5.2.3 评估指标 11](#_Toc26713117)

[5.2.4 实验结果 11](#_Toc26713118)

[5.3 本章小结 11](#_Toc26713119)

[第六章 总结与展望 12](#_Toc26713120)

[6.1 工作总结 12](#_Toc26713121)

[6.2 工作展望 12](#_Toc26713122)

[参考文献 13](#_Toc26713123)

[致 谢 16](#_Toc26713124)

# 摘 要

Xxxx….

**关键词：**….

**中图分类号：**TP311

# Abstract

xxx

**Keywords:** xxx; xxx;

**Class Number:** TP311

# 第一章 绪论

## 1.1 研究背景

私募股权(Private Equity) 由美国投资家本杰明格雷厄姆创立，是一种非上市企业或单位进行的非公开项目招募活动[]，此类招募活动不限于资金募集、项目招标等。私募股权源于金融领域，首先被用于面向特定对象释放企业私有股权以达到募集资金的作用。私募股权市场广大，据二八定律知20%的人持有80%的社会财富，而20%的人持有的财富中，有80%属于私募产品。随着经济与时代的发展，私募股权的范围越来越广，私募股权所募集的目标不再局限于资金，劳动力、资源、技术等等均成为募集对象。在私募股权活动中，一般涉及需求发布方与需求投标方。需求发布方公开部分信息用于招募需求投标方，投标方团队通过发布方公布的有限项目信息评估判断是否进行投标以及后续合作。在发布方与投标方的后续合作中，双方就合作项目详细信息进行相互之间的沟通。私募股权活动针对的是特定的对象，且需求发布方需要在保证项目隐私性的情况下公布部分关键信息以招募需求投标方，因此构建私募股权交易平台以保证合作方的信息交流以及招募方发布的信息隐私性变得尤为重要。同时，为保证交易平台权益，需要考虑投资方与项目实施方在交易过程中不能越过平台实施合作。

私募股权平台是面向私募股权活动的中间交易平台，用户可以发布需求信息或者对特定需求进行投标。该平台极大得降低了私募股权活动中合作方的交易难度，同时由于平台的监管提高了合作方之间的信任度。私募股权平台的构建需要考虑用户隐私、用户发布的项目的信息安全性、用户之间股权活动交易等方面问题。同时，由于私募股权项目需求等信息的价值很高，私募股权平台需要考虑自身的权益问题，即不能使用户可以在利用平台提供的信息后越过平台直接进行合作。基于以上问题考虑，采用区块链技术作为底层技术。

区块链(BlockChain)技术是一种集合加密、分布式存储、共识机制和智能合约等技术的去中心化分布式账本技术。它是由中本聪于2008年提出的革命性技术，基于其去中心化特点构建了一套名为“比特币”的数字交易体系。近年来，包括比特币、以太币等在内电子货币得到了巨大的发展。区块链技术的应用不仅仅局限于币圈，自20年以太坊诞生，大量区块链应用在金融、版权保护、电子货币等领域应用生态逐渐建立，如今，多家相关应用和企业蓬勃发展。其特有的去中心化特性极大的改变了原有的第三方信任体系，使得人们的信任机制得到了颠覆性的改变。区块链的优势了去中心化和可信任，交易双方在没有第三方的情况下进行交易，且交易信息可以永久保存。当前的区块链技术应用主要基于第三方平台如以太坊、超级账本等构建，开发者构建应用后通过官方提供的客户端接入网络，并参与数据校验、数据打包等链上活动。

综合上述需求，本文提出了一个面向私募股权的区块链服务系统。该系统融合容器化技术、微服务思想以及云计算领域中的负载均衡模型，不仅极大的提高了区块链技术作为底层技术的稳定性、安全性和并发性能保障，同时使得区块链技术的应用更加便利和灵活。该服务系统中的业务设计是面向私募股权领域，基于区块链的智能合约设计代币作为平台通用的股权激励，将项目需求信息打包永久性存储到区块链中。同时，通过事件记录区块链网络中的交易过程。该系统的应用架构采用微服务应用架构，根据区块链读写数据特点构建相应的服务提供者。底层区块链节点与单个的服务均运行于容器中，提高系统的整体可靠性和系统的延展性。在底层区块链服务平台与后台服务之间，设计和应用基于状态反馈的负载均衡策略，提高系统的并发性能。

## 1.2 国内外研究现状

## 1.3 主要工作和创新点

本文主要工作是分析了构建私募股权交易平台面临的困难，提出了以区块链技术为底层核心技术的解决方案，结合私募股权领域的业务特点以及区块链技术的优点，实现了面向私募股权的区块链服务系统。在设计和实现系统的过程中，本文充分考虑区块链技术的特点和局限性，通过优化系统架构，以及设计适合本系统的基于状态的反馈负载均衡策略，提高系统的可靠性、安全性和延展性，并通过性能对比实验对系统进行了评估和验证。

结合私募股权相关业务特点与区块链技术自身特性，本文基于微服务思想对相关业务进行分类封装，并运行于容器中，同时设计高效的反馈负载均衡策略。最后本文实现了区块链服务系统，并通过实验验证了系统的可用性、可靠性等高性能。本文研究的主要工作有以下几点：

1. 提出一种基于微服务思想的面向私募股权的区块链服务平台设计方案。根据业务特点和技术特点设计灵活的应用架构，可以在资源耗费最小的情况下满足业务要求，同时在需要的时刻快速进行系统延展。

2. 基于容器化技术思想构建了一种灵活的底层区块链服务平台。该平台将以太坊客户端运行于容器中作为单一节点，结合负载均衡策略实现可靠性和高性能。

3. 基于区块链技术的自身特点提出了一种状态反馈负载均衡策略，该策略考虑区块链节点运行状态建立状态空间，对状态空间中的节点进行负载分配实现系统的可靠性和高性能。

4. 实现了面向私募股权的区块链服务系统，包括账户管理、转账管理和合约发布等业务功能，以及状态监控、网关管理等后台模块功能。结合区块链的智能合约等技术特点实现了私募股权交易自动化结算与科学管理功能。

## 1.4 篇章结构

本文将围绕面向私募股权的区块链服务系统设计与性能优化等方面的研究与实现安排六个章节展开介绍。

第一章，绪论。本章介绍本文的研究背景、研究目的与意义，简要介绍了私募股权相关背景和区块链技术应用现状，并简述了本文的主要工作与创新点。

第二章，相关工作与技术背景。本章主要介绍本文提出的区块链服务系统涉及的相关技术，从区块链技术、容器技术、负载均衡技术和以微服务架构为主的分布式应用技术四方面介绍。

第三章，基于微服务的区块链服务系统架构设计与实现。本章详细描述了区块链服务系统的架构设计与实现过程，包括底层的以太坊服务平台与微服务架构中各个模块的实现。

第四章，基于状态反馈的负载均衡组件的设计与实现。本章描述了对….的监控与实现。

第五章，面向私募股权的区块链服务系统的实现与性能评估，本章介绍了面向私募股权的区块链服务系统的实现，并设计实验对系统进行了性能检测与分析。

第六章，总结与展望。本章总结本文总体的研究内容和方法与技术的局限性展望未来工作，并对下一步工作做出规划。

# 第二章 相关工作及技术背景

人机物融合技术课题是多技术融合的研究课题，当前的人机物融合的研究切入点、应用构造方式也不尽相同。本章节先大致介绍当前人机物融合技术的应用构造的相关工作，然后在此基础上提出了人机物融合设计与执行的应用构造方法，并在本章其他章节重点列举和描述了所涉及的相关技术和工作。

## 2.1 区块链技术

人机物融合技术是在物联网快速发展进入快车道，在与工业界结合落地过程催生的产物。由于人们在日常生活中，需要涉及的人、机、物分别被锁定在社会空间、信息空间和物理空间，三者间存在异构性，无法统一融合应用来满足人们活动需求。在这种状况下，人机物融合技术应用而生。

人机物融合是以实现无缝对接、协同计算为目标，人与机、机与物、物与物以及人与人的三元资源融合的综合应用技术方案。可以展开想象，在人机物融合技术的推动下，将形成以人为中心，人类社会、虚拟空间和机器物理空间智能交互、数字融合的人机物三元融合新社会形态。

人机物融合技术，是在应用层之上的通过一种统一的人机物服务组合和编排方式实现的三元融合。具体概念关系如图2-1所示：



图2-1 人机物三元融合示意图

在本文中，“人”作为人机物融合的中心，既可以是活动需求的发起者，如人机交互中人作为场景活动发起者，也可以是活动协作者，比如众包协作服务。“机”则是信息服务和信息服务超集组成的概念，在本文中就是整个工具服务或者单个服务对应的机器的具体体现，比如说咖啡机，投影仪的控制器等。而“物”的概念就比较清晰，对应的就是物体空间中的各种传感器或者简单设备。简而言之，人机物融合的最直接体现就是“人”通过“机”来操控和访问物理资源。

人机物融合技术是一项可跨学科的多技术融合的综合应用技术。就研究内容而言，当前的人机物融合应用研究大多面向应用服务，可分为以下两大类：

1.以场景为中心的事件驱动应用模式

当前的研究和场景落地现状多以这种应用形式为主，是一种比较成熟和稳定的可商业化应用模式。这种融合方式是一种基于已有中间件平台或者一种统一的交互方式来实现的基于特定场景下的可靠应用。最近苹果打造的智能空间，统一了苹果产品系列设备，设定好用户的一些具体场景，比如用户进入房间内通过和Siri交互，自动打开苹果相关产品和软件服务。另外，基于设备统一的中间件平台如HomeAssitant，内部打破设备间的异构对外则统一以Restful服务提供能力，平台本身就可以通过编写配置文件的形式提供基于ECA[16]的服务能力。

2.以用户意图为导向的推荐应用模式

这一类人机物应用形式是分析学习或者直接与用户交互来以用户意图为导向的应用模式，具有面向用户、流程性服务的特征。目前这种模式研究更加满足人们迫切的智能化融合需求，但落地产品相对减少。一种研究手段是结合人工智能相关技术分析学习用户行为模式构建决策系统来预测和推荐服务，缺点在于系统庞大，需要严格的计算能力，当前实际可用性不高。如Zaineb Liouane等人[17]基于机器学习模型训练学习用户生活模式予以服务推荐，Thomas Reichherzer等人[18]基于多Agent技术通过传感器数据采集分析推理用户行为。另一种是通过面向用户的可视化人机交互方式来提供自动化的、推荐性的服务，如 [19-21]在基于web内容服务和应用的面向最终用户的混搭融合和Holm Smidt[22]等人基于嵌入式元件模型的用户可视化编程应用构造。

本文采用第二种应用构造方式，用户通过可视化编排流程活动，在系统运行时环境中基于人机物资源仓库直接关联人机物实例服务从而转化为以软件服务为基础单元的服务组合求解问题来实现人机物融合应用。人机物服务中机的服务主要是指第三方信息服务，也可以是自定义服务及其服务集合，物的服务是指设备提供的功能服务，人的服务可以是人机交互，也可以是协作服务。人机物融合中，HomeAssistant提供管理和控制代表“物”的物理设备的能力，众包技术用来支持人机物融合应用中代表“人”的社会协作能力。人机物三元融合技术通过Hass平台和众包技术来连接人和物，实现人、机和物的三元融合的应用构造。

## 2.2 容器化技术

本文的研究对象是具有流程特性的生活服务场景，结合采用了工作流技术[24]思想，工作内容涵盖了其相关技术。工作流技术最早是应用于企业管理业务流程自动化的过程自动化技术，其最终目标是基于定义的规则，把任务、信息按照描述规则在参与者之间传递以达到需求目的。下面本文从工作流模型的角度来简单描述相关技术和工作，其工作流参考模型描述如下图2-3所示，它由工作流管理联盟引入和提出。该模型规范和定义了工作流由图中六大模块和统一的应用编程接口。本文关注的重点以下核心部分：流程定义工具、工作流格式转化、工作流执行引擎、执行应用调用和客户端交互几个部分。工作流完成一整套完整的流程步骤分为三个阶段：流程定义、流程部署、流程执行。流程定义阶段的流程定义工具是和用户交互的可视化界面，输出是一种中间描述集，工作流格式转化处理中间结果集转化为可执行文件，过渡到流程部署和执行阶段，交由工作流执行引擎执行，并调用相关应用或者服务顺序执行，最后返回客户端结果。总而言之，成熟有效的工作流产品必须包含流程设计和流程引擎两大关键组件，它们是本文的工作流方面的研究重点部分。流程设计负责流程定义阶段工作，流程引擎负责流程部署和执行的过程流转。



图2-3 工作流参考模型

目前工作流技术相对比较成熟，本文的技术方案所涉及的工作流模型组件主要是流程设计和流程引擎两大核心部分。一般来说，工作流具有以下四个特性：(1)具有SOA架构特性；(2)支持分布式集群；(3)具备一定的可扩展能力；(4)具备相应的业务嵌入功能和开放特性。工作流通过流程定义工具和工作流引擎可以实现流程服务的执行等一系列的部署、启动到实例化执行等操作。其工作流服务流程如下图2-4所示。



图2-4 工作流服务流程

## 2.3 微服务技术

面向用户的组合服务技术的关键在于面向用户使用工具的简单化和服务组合的灵活性和有效性。人机物融合场景中三元要素可以以Restful服务或者Web服务封装其基本能力和信息，所以追根到底，人机物的融合在于如何把具有异构、存在“高技术壁垒”的三元世界元素转化为信息服务的融合。

本文基于人机物服务提出的人机物融合应用的工作流设计与执行技术目标是为用户打造一个个性化服务式的人机物交互环境。服务组合属于面向服务计算的领域范畴，是基于Web服务以及软件复用提出的一种区别于传统服务应用的构造方式，相较于传统应用开发而言，它的开发效率和可用性明显提高。

然而，值得注意的是，从以技术为中心慢慢向以用户为中心倾斜的应用构造方式已经成为近些年来信息技术的一种重大的思想革命。而这也恰恰对应了人机物融合研究热点从以场景为中心的构造方式过渡到以用户为导向的应用构造方式，更多考虑的是如何让用户按照自身的意图和需求来组织和配置可达资源。

面向用户的服务组合应用主要包含以下几个特征：

1. 服务语义抽象[28]

首先面向用户是以用户为导向的一系列解决方案，而其中的基础服务单元是具有技术特性的，所以需要对服务进行一种抽象，变成用户易于理解和使用的基础单元。它是一种逐级抽象，向下屏蔽底层计算资源的技术人员和用户之间的中间步骤，实现的是角色视角表现层的一种转换。

1. 执行与构造同时进行

在进行开发和部署过程中，表现层上层进行了语义抽象，下层的服务支撑可能就是一对多的模型关系或者服务组合本身的前置服务和下游服务之间就是一种不确定关系。所以，应用在执行期间会存在一边执行、一边构造的实现方式。

1. 编程模型的构造

由于用户和技术人员之间存在的“技术壁垒”，系统应用需要构建编程模型，它是对整个系统应用的应用模式和具体内容的解决方案上的大致思路和特定抽象。该编程模型除了要对系统内容建模还要借助或者创造一种统一建模标志语言，给用户提供不同情境下的使用需求的解决方法。

在过去几十年，针对服务组合和集成的研究一直在不断进行和优化，下面介绍几种类型的服务组合技术。本文基于以下的一些现有的服务组合技术进行分析对比优缺点，结合人机物特性提出了一种优化改造的面向用户的人机物服务组合技术方案，具体实现将在本文第四章详细介绍。

## 2.4 负载均衡技术

本章内容主要介绍了针对本文基于流程类生活服务的研究对象提出的人机物融合应用的工作流设计与执行方法所使用到的相关技术和内部原理，分别从人机物融合技术、工作流技术和组合服务技术进行了介绍。首先介绍了人机物融合的相关概念，它是一种比较新式的概念，涉及到人机物的三元融合，然后对人机物各类服务进行了定义和描述，并介绍了涉及到的Hass平台和众包技术。然后描述了工作流技术的相关组件和重要模块，接着阐述和比较了目前服务组合的几种常用技术并提出本文人机物融合应用的工作流设计与执行的技术路线。

## 2.5 小结

Xxx

# 第三章 基于微服务的以太坊服务系统架构设计

## 3.1 区块链技术在私募股权场景应用分析

## 3.2 基于状态空间的反馈负载均衡策略

## 3.3 基于负载均衡的区块链服务系统设计

### 3.3.1 系统设计目标及原则

### 3.3.2 系统的整体架构

## 3.4 本章小结

# 第四章 基于负载均衡的区块链服务系统实现

## 4.1 系统的业务组件

### 4.1.1 写操作服务

### 4.1.2 读操作服务

## 4.2 系统功能组件

### 4.2.1 服务注册中心

### 4.2.2 API网关

### 4.2.3 熔断保护

## 4.3 区块链服务平台

## 4.4 负载均衡器

## 4.5 本章小结

# 第五章 实验与分析

本章的主要内容是介绍和分析本文设计实现的系统工具实验结果，先从面向用户的角度介绍和分析工具使用的性能结果，再基于案例分析，验证和分析系统工具的各模块实验结果，最后总结了该方法的局限性。

## 5.1 系统功能评估

## 5.2 系统性能评估

### 5.2.1 相关架构与算法

### 5.2.2 实验数据

### 5.2.3 评估指标

### 5.2.4 实验结果

## 5.3 本章小结

# 第六章 总结与展望

## 6.1 工作总结

## 6.2 工作展望

# 参考文献

1. Kankanhalli A, Charalabidis Y, Mellouli S. IoT and AI for smart government: A research agenda[J]. 2019, 36(2): 304-309.
2. de Andrade T P C, Astudillo C A, da Fonseca N L S. Allocation of control resources for machine to-machine and human-to-human communications over LTE/LTE-A networks[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2016, 3(3): 366-377.
3. Purohit L, Kumar S. Web Services in the Internet of Things and Smart Cities: A Case Study on Classification Techniques[J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2019, 8(2): 39-43.
4. Corcoran P. The Internet of Things: why now, and what's next?[J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2015, 5(1): 63-68.
5. Park D. The Quest for the Quality of Things: Can the Internet of Things deliver a promise of the quality of things?[J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2016, 5(2): 35-37.
6. 戴海兵,袁幽然.物联网体系架构及面临的问题和挑战[J].中国新通信,2019,21(9):68.
7. Mohanty S P, Choppali U, Kougianos E. Everything you wanted to know about smart cities: The internet of things is the backbone[J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2016, 5(3): 60-70.
8. Wang F Y. The emergence of intelligent enterprises: From CPS to CPSS[J]. IEEE Intelligent Systems, 2010, 25(4): 85-88.
9. Lee T, Jeon S, Kang D, et al. Design and implementation of intelligent HVAC system based on IoT and Bigdata platform[C]//2017 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE). IEEE, 2017: 398-399.
10. Zouai M, Kazar O, Bellot G O, et al. Ambiance Intelligence Approach Using IoT and Multi-Agent System[J]. International Journal of Distributed Systems and Technologies (IJDST), 2019, 10(1): 37-55.
11. 王保云. 物联网技术研究综述木[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(12): 1-7.
12. Vargas D C Y, Salvador C E P. Smart IoT gateway for heterogeneous devices interoperability[J]. IEEE Latin America Transactions, 2016, 14(8): 3900-3906.
13. Francese R, Risi M, Tortora G. Iconic languages: Towards end-user programming of mobile applications[J]. Journal of Visual Languages & Computing, 2017, 38: 1-8.
14. Han S, Wang X, Zhang J J, et al. Parallel Vehicular Networks: A CPSS-Based Approach via Multimodal Big Data in IoV[J]. IEEE Internet of Things Journal, 2018, 6(1): 1079-1089.
15. Li T J J, Azaria A, Myers B A. SUGILITE: creating multimodal smartphone automation by demonstration[C]//The 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, 2017: 6038-6049.
16. Bae J, Bae H, Kang S H, et al. Automatic control of workflow processes using ECA rules[J]. IEEE transactions on knowledge and data engineering, 2004, 16(8): 1010-1023.
17. Liouane Z, Lemlouma T, Roose P, et al. An improved extreme learning machine model for the prediction of human scenarios in smart homes[J]. Applied Intelligence, 2018, 48(8): 2017-2030.
18. Reichherzer T, Satterfield S, Belitsos J, et al. An agent-based architecture for sensor data collection and reasoning in smart home environments for independent living[C]//Canadian Conference on Artificial Intelligence. Springer, Cham, 2016: 15-20.
19. Cappiello C, Matera M, Picozzi M. End-user development of mobile mashups[C]//International Conference of Design, User Experience, and Usability. Springer, Berlin, Heidelberg, 2013: 641-650.
20. Ma Y, Liu X, Yu M, et al. Mash droid: An approach to mobile-oriented dynamic services discovery and composition by in-app search[C]//2015 IEEE International Conference on Web Services. IEEE, 2015: 725-730.
21. Rana J, Morshed S, Synnes K. End-user creation of social apps by utilizing web-based social components and visual app composition[C]//The 22nd International Conference on World Wide Web. ACM, 2013: 1205-1214.
22. Smidt H, Thornton M, Ghorbani R. Smart application development for IoT asset management using graph database modeling and high-availability web services[C]//The 51st Hawaii International Conference on System Sciences. 2018.
23. Howe J. The rise of crowdsourcing[J]. Wired magazine, 2006, 14(6): 1-4.
24. Georgakopoulos D, Hornick M, Sheth A. An overview of workflow management: From process modeling to workflow automation infrastructure[J]. Distributed and parallel Databases, 1995, 3(2): 119-153.
25. Rademakers T. Activiti in Action: Executable business processes in BPMN 2.0[M]. Manning Publications Co., 2012.
26. Zhang D W, Zhang R Y, Ma H W, et al. Production Process Modeling and Realizing Based on Activiti[C]//Applied Mechanics and Materials. Trans Tech Publications, 2014, 532: 644-649.
27. Chinosi M, Trombetta A. BPMN: An introduction to the standard[J]. Computer Standards & Interfaces, 2012, 34(1): 124-134.
28. De S, Barnaghi P, Bauer M, et al. Service modelling for the Internet of Things[C]//2011 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS). IEEE, 2011: 949-955.
29. Rao J, Su X.A survey of automated web service composition methods[C] //International Workshop on Semantic Web Services and Web Process Composition. Springer, Berlin, Heidelberg, 2004: 43-54.
30. 王先平, 齐逸. 面向服务计算中 Web 服务动态绑定模型研究[J]. 计算机工程与设计, 2010 (19): 4165-4167.
31. Ankolekar A, Burstein M, Hobbs J R, et al. DAML-S: Web service description for the semantic web[C]//International Semantic Web Conference. Springer, Berlin, Heidelberg, 2002: 348-363.
32. Jaeger M C, Rojec-Goldmann G, Muhl G. Qos aggregation for web service composition using workflow patterns[C]//Proceedings. Eighth IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference, 2004. EDOC 2004. IEEE, 2004: 149-159.
33. Martin D, Burstein M, Mcdermott D, et al. Bringing semantics to web services with OWL-S[J]. World Wide Web, 2007, 10(3): 243-277.
34. Im J, Kim S, Kim D. IoT mashup as a service: cloud-based mashup service for the Internet of things[C]//2013 IEEE International Conference on Services Computing. IEEE, 2013: 462-469.

# 致 谢

Xxxx

**复旦大学**

**学位论文独创性声明**

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。论文中除特别标注的内容外，不包含任何其他个人或机构已经发表或撰写过的研究成果。对本研究做出重要贡献的个人和集体，均已在论文中作了明确的声明并表示了谢意。本声明的法律结果由本人承担。

作者签名： 日期：

**复旦大学**

**学位论文使用授权声明**

本人完全了解复旦大学有关收藏和利用博士、硕士学位论文的规定，即：学校有权收藏、使用并向国家有关部门或机构送交论文的印刷本和电子版本；允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其它复制手段保存论文。涉密学位论文在解密后遵守此规定。

作者签名： 导师签名： 日期：