

上海交通大学

SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY

学士学位论文

BACHELOR'S THESIS



论文题目 空气质量传感器管理系统设计与实现

学生姓名 孙 逢

学生学号 5120309032

指导教师 吴刚副教授

专 业 软件工程专业

学院（系） 软件学院

上海交通大学 学位论文原创性声明

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。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品成果。对本文的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：某某

日期：某某年某某月某某日

上海交通大学 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅。本人授权上海交通大学可以将本学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存和汇编本学位论文。

保 密 ☐，在 _____ 年解密后适用本授权书。

本学位论文属于

不保密 ☒。

(请在以上方框内打✓)

学位论文作者签名： 某某

指导教师签名： 某某

日 期： 某 年 某 月 某 日

日 期： 某 年 某 月 某 日

空气质量传感器管理系统设计与实现

摘 要

近几年，空气质量问题已经逐渐成为中国乃至全世界的社会焦点，但大多数地区只有政府部门会有监测站和监测点，普通民众并不能实时了解自己身边的空气质量。Clarity Movement Co. 研发出了火柴盒大小但精度可媲美光学空气质量分析仪的 PM2.5 传感器，并通过与企业和政府合作在传统硬件设备和城市建筑上搭载传感器来销售传感器。公司为之搭建了功能强大的云服务平台，可以实时地处理和推送空气质量数据，但还需要一个信息系统来操作和管理传感器。

在此背景下，本课题调研了大量 JS 框架和库基于现代主流的 WEB 开发技术为之开发了一个传感器管理系统。系统包含三个模块，分别是版本管理、Smart Home 和 Smart City 模块。版本管理模块面向公司的硬件开发人员，让他们能够方便地管理自己开发的传感器及其版本、批次、兼容性和所有者。Smart Home 模块面向家电制造业的合作企业，让其能够使自己的家电互相联系起来。Smart City 模块面向政府合作者，让其能够直观地从不同角度查看和下载城市空气质量数据。

关键词： 空气质量 传感器 信息系统 WEB 开发

Design and Implementation of Air Quality Sensor Management System

ABSTRACT

In recent years, air quality has gradually become the a social focus of Chinese and even the world. However, in most regional only governments have monitoring stations and sites and ordinary people can not get real-time air quality on their side. Clarity Movement Co. developed a matchbox-sized PM2.5 air quality sensor whose accuracy is comparable to the optical analyzer and sell the sensors by mounting them in the traditional hardware and city buildings in cooperation with businesses and governments. The company had built a powerful cloud service platform which can handle and push real-time air quality data but still needed an information system to manage and operate the sensor.

In this context, this paper investigates a large number of JS frameworks and libraries to develop a sensor management system based on modern mainstream web-development technology. The system consists of three modules, namely, Version Management, Smart Home and Smart City. Version Management module is for the company's hardware developers to easily manage the versions, batches, compatibilities and owners of the sensors. Smart Home module is for cooperative enterprises who are in appliance manufacturing to be able to link their appliances to each other. Smart City module is for government partners to visually view and download air quality of the city from different angles.

KEY WORDS: Air quality, Sensor, Information System, Web-development

目 录

插图索引	vi
表格索引	vii
第一章 绪论	1
1.1 课题背景和研究意义	1
1.2 课题主要研究内容	1
1.2.1 版本管理模块	1
1.2.2 Smart Home 模块	2
1.2.3 Smart City 模块	2
1.3 论文组织结构	2
第二章 WEB 设计开发理论、技术和工具	4
2.1 设计理论	4
2.1.1 敏捷开发	4
2.1.2 Web Components	4
2.1.3 Material-design	5
2.1.4 响应式设计和 Flex 布局	5
2.1.5 RESTful API 设计和 Web Socket 数据更新	6
2.1.6 Oauth 和 JWT	6
2.1.7 Flux 架构模式	7
2.2 技术架构	8
2.2.1 前端: Angular VS React	8
2.2.2 后端: NodeJS 以及 Express VS Koa	11
2.2.3 数据库: MongoDB 和 RedisDB	13
2.2.4 服务器: AWS Elastic Beanstalk 云服务	13
2.3 开发工具	14
2.3.1 版本控制: Git 和 Git Flow	14
2.3.2 IDE 文本编辑器: Webstorm VS Atom	14
2.3.3 代码生成: Yeoman 和 Yeoman Generators	14
2.3.4 文档生成: JsDoc VS EsDoc	14
2.3.5 代码质量: Lint 工具和 Git hooks	14
2.3.6 编译工具: Grunt VS Gulp VS Npm	14
2.3.7 单元测试: Mocha 和 Karma	14

2.3.8	持续集成: Travis-CI VS Solano	14
第三章	可行性分析	15
3.1	技术可行性	15
3.2	经济可行性	15
3.3	操作可行性	15
第四章	需求分析	16
4.1	功能目标	16
4.2	用户用例	16
4.3	快速原型	16
4.4	数据字典	16
4.5	性能需求	16
4.6	用户运行环境	16
第五章	系统设计与开发	17
5.1	总体设计	17
5.2	版本管理模块	17
5.2.1	前端	17
5.2.2	后端和数据库	17
5.3	Smart Home 和 Smart City 模块	17
5.3.1	前端	17
5.3.2	后端和数据库	17
5.4	主要组件详细设计	17
5.4.1	客户端 ORM 表单组件	17
5.4.2	EChart 组件	17
5.4.3	AqiChart 组件	17
5.4.4	AqiMap 组件	17
5.4.5	API 组件	17
第六章	系统最终实现效果	18
6.1	版本管理模块	18
6.1.1	前端	18
6.1.2	后端和数据库	18
6.2	Smart Home 模块和 Smart City 模块	18
6.2.1	前端	18
6.2.2	后端和数据库	18
6.3	主要组件详细设计	18
6.3.1	客户端 ORM 表单组件	18

6.3.2	AqiChart 组件	18
6.3.3	AqiMap 组件	18
第七章	系统测试和部署	19
7.1	开发环境配置	19
7.2	测试环境配置和持续集成	19
7.3	运行环境配置	19
第八章	总结与展望	20
8.1	工作总结	20
8.2	工作展望	20
	参考文献	21
	谢 辞	22

插图索引

2-1 Flux 单向数据流	7
2-2 Github angular 和 react 排名情况	9

表格索引

2-1 Angular 和 React 的对比	11
2-2 Koa 和 Express 的对比	12

第一章 绪论

1.1 课题背景和研究意义

随着“雾霾”、“PM2.5”等话题的升温，空气质量问题逐渐成为人们关注的焦点，出门不仅要看“天气”还要看“空气”。虽然如今各式各样的空气质量网站、APP 层出不穷，有实时的也有预测的，但大多数数据来源于政府环境部门监测站，少部分来自网站自己搭建的监测点。然而空气质量与天气不同之处在于，它受时间和空间的变化影响更大，对人们健康的影响也更大。因此，如何满足个人用户对周边空气质量的实时掌控成为一大难题。

Clarity Movement Co. (以下简称 Clarity) 是一家研发“世界上最小的空气质量传感器”的创业公司，目前完成研发的第二代传感器尺寸与火柴盒差不多大，便携度大增的同时，精度依旧不弱于光学空气质量分析仪。Clarity 的主要销售途径是与相关企业和政府合作，将传感器搭载在传统硬件设备和城市建筑上。Clarity 现在依旧组建了自己的云服务平台，传感器通过手机蓝牙或者 Wi-fi 上传空气质量数据，服务器处理并保存相关数据。然而，要让该产品能够为大众所用，配套的软件系统还未完备。

随着业务的发展，一方面 Clarity 自己内部需要一个信息系统来管理自己生产的传感器和传感器的版本、批次、拥有者等信息，另一方面 Clarity 的合作方往往是政府部门和传统硬件厂商如空调、汽车行业的企业，他们一般都不具备很强的软件开发能力，所以 Clarity 需要为他们定制合适的传感器管理系统来查看空气质量数据和管理传感设备。因此，本课题研究的“空气质量传感器管理系统”（以下简称本系统）应运而生。

1.2 课题主要研究内容

本课题先学习了软件工程的相关理论、调研了最新的软件技术、使用高效的开发工具，经过可行性分析和需求分析，对系统进行了详细的设计与实现，再经过充分的测试后部署系统并让用户使用 and 反馈。

本系统分 3 个模块，版本管理模块、Smart Home 模块和 Smart City 模块。

1.2.1 版本管理模块

本模块的名字叫“Balonar”¹，用户是 Clarity 的硬件开发人员。原本用户使用 Excel 记录传感器版本、批次、拥有者等信息，但随着传感器的不断改进，合作方越来越多，制作给合作方的特殊版本越来越多，零件进货的批次各有不同，使用 Excel 的时间成本和精力成本越来越高。所以 Balonar 解决的问题和实现的功能如下：

1. 版本、批次和传感器之间的关系混乱，包括硬件版本、固件版本、软件版本、五种零件版本和五种零件的批次；Balonar 要理清关联关系，用最佳的数据结构体现；
2. 版本编号格式难以维护；Balonar 要能够自动校验格式并给出错误描述；

¹此名字本身无实际含义，只作代号

3. 硬件版本和固件版本兼容，固件版本又和软件版本兼容；Balanar 要能够记录和判断版本兼容性

1.2.2 Smart Home 模块

本模块的名字叫“Robotic”¹，目标客户是日本一家家电制造企业，最终用户则是使用家电和智能家居的个人。该企业生产的产品包括空调和空气净化器，因此 Clarity 为其量身打造了把两者相结合的 Smart Home。空气净化器只能一直开着或者在人的操控下间歇性地净化空气，而搭载空气质量传感器的空调也只能检测空气质量并报告给用户，并不能实际改善空气质量，于是 Robotic 引入了一个可编程的扫地机器人完美地弥补了两者的不足。Robotic 按以下流程工作：

1. 不同房间的空气质量传感器持续上传数据到服务器，服务器保存数据；
2. 服务器定时地计算并评估空气质量的好坏；
3. 一旦有房间空气质量低于一定水平，服务器就会给机器人下达净化指令，机器人会移动到对应的房间并开启空气净化器；
4. 空气质量好转之后，服务器再给机器人下达停止净化指令，机器人会关掉空气净化器原地待命；
5. 机器人有手动模式，用户可以开启手动模式并直接指挥其到某房间净化；

另外用户还可以查看个人携带的传感器空气质量、城市的空气质量以及每个房间的空气质量折线图。

1.2.3 Smart City 模块

本模块的名字叫“Azwraith”²，目标客户是美国一家计划做智慧城市的政府部门，最终用户是政府工作人员。该城市计划大量安装 Clarity 的传感器以监控城市空气质量，Azwraith 为之提供了配套功能如下：

1. 城市会安装和拆除传感器；Azwraith 需要能够添加和删除设备（传感器）；
2. 政府工作人员可以地图形式直观的查看传感器位置和当前空气质量；
3. 政府工作人员可以图表形式直观地查看并下载传感器最近历史数据，并且可以选择不同时间精度和空气质量度量；
4. 政府工作人员可以表单形式选择不同时间跨度和精度来下载设备的长期历史数据；
5. 政府工作人员可以控制设备在地图和图表上是否显示；

1.3 论文组织结构

本文一共分为八章，各章节介绍如下

第一章 绪论 简单阐述了本课题研究的背景、意义和主要内容以及本论文的组织结构。

第二章 WEB 设计开发理论、技术和工具 通过对比 WEB 设计开发的一些理论、技术和工具介绍了本系统主要使用的设计理论、技术架构和开发工具以及使用它们的原因。

¹此名字含义为机器人的，因为 robot 太短太普遍

²此名字本身无实际含义，只作代号

第三章 可行性分析 分析了本系统的技术可行性、经济可行性和操作可行性。

第四章 需求分析 分析了本系统的功能目标、用户用例、性能要求和用户运行环境，并根据设计稿设计了快速原型和数据字典

第五章 系统设计与开发 介绍了总体上的设计思路，然后按模块介绍了设计和开发过程，最后介绍了几个主要组件的详细设计

第六章 系统最终实现效果 按不同模块和组件展示实现效果

第七章 系统测试和部署 介绍了本系统的开发、测试和运行环境以及持续集成的配置

第八章 总结与展望 总结了研究内容是否完成，思考了研究过程中的不足，并介绍了下一步的工作计划。

第二章 WEB 设计开发理论、技术和工具

软件工程是研究和应用如何以系统性的、规范化的、可量化的过程化方法去开发和维护软件^[1]，以及如何把经过时间考验而证明正确的管理技术和当前能够得到的最好的技术方法结合起来的学科。它涉及到程序设计语言、数据库、软件开发工具、系统平台、标准、设计模式等方面。所以本课程首先学习了软件开发尤其是 WEB 开发的相关理论，调研、比较并选择了一些主流的 WEB 开发技术和高效的 WEB 开发工具，以期能够用快速、高效、低成本地完成系统的开发。

2.1 设计理论

本系统在开发速度、可重用性、UI/UE、响应式、实时性等方面具有较高的要求，这就意味着传统的瀑布式开发、CSS+HTML、ajax 请求等 WEB 开发理论不能达到本系统的要求。本章学习的理论可以给开发明确可行性、指明开发的方向、提高效率、减少重复造轮子，从而保证系统的顺利实现。

2.1.1 敏捷开发

敏捷开发有很多种，它们的具体名称、理念、过程、术语都不尽相同，相对于「非敏捷」，更强调程序员团队与业务专家之间的紧密协作、面对面的沟通（认为比书面的文档更有效）、频繁交付新的软件版本、紧凑而自我组织型的团队、能够很好地适应需求变化的代码编写和团队组织方法，也更注重软件开发过程中人的作用。^[2]

Clarity 是一家创业公司，业务需求变化迅速，人员结构比较精简，因此更加适合用敏捷开发。本系统的软件开发团队由 3 个人组成，每天早晨与需求方即公司 CEO 和硬件开发团队进行视频通话来总结前一天的开发进度和确定当天的开发任务，不断地在测试服务器部署新特性（feature）版本和在生产服务器部署热修复（hotfix）版本，每个特性完成后再正式发布（release）到生产服务器上，团队成员吃住同行、分工灵活，每个人都能独当一面。

2.1.2 Web Components

Web Components 是一组现在已经被 W3C 加入 HTML 和 DOM 规范的、为 Web 提供了一套标准组件模型的浏览器新特性，它们的设计理念是把“基于组件的软件工程”¹带到互联网的世界。Web Components 主要包括 4 个特性：

自定义元素（Custom Elements） 定义新的 HTML 元素的应用程序接口

影 DOM（Shadow DOM） 兼具封装性和可组合性的 DOM 和样式

HTML 引入（HTML Imports） 可声明的引入 HTML 文档到其他 HTML 文档的方法

HTML 模板（HTML Templates） 新的 <template>² 标签，允许 HTML 文档包含惰性（延后定义或加载）的 DOM 块

¹ 软件工程的一个分支，是一种基于重用的定义、实现和组合松散的独立组件的软件来开发系统的方法

² <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/HTML/Element/template>

本系统的软件开发团队接受过良好的软件工程教育，对于重复造轮子这样的事情是坚决抵制的，所以我们对于组件的可重用性要求非常高。虽然本系统最终没有直接使用 Web Components 的官方实现 Polymer，但其中自定义元素、HTML 引入和 HTML 模板等特性都是非常有意义的，本系统中使用的 Angular 和 React 都有这些理念的原型，本系统在实现组件时也大量使用了这些概念来做到组件的可重用性。

2.1.3 Material-design

Material Design，代号为 Quantum Paper¹，是由 Google 推出的一种全新的设计语言，旨在为手机、平板、台式机等不同平台提供更加一致且广泛的外观和感觉。Material Design 总体来讲是一种隐喻式的基于纸张和墨水的设计，元素是扁平的、有阴影的，按照各自的高度浮动在背景上方，接缝和阴影让你知道哪些元素是可以触碰到的（操作的）。当你移动或改变它们的高度的时候，感觉是一张纸在被移动，符合人们对三维物体的直觉，与真实的纸不同之处在于 Material Design 的纸可以智能的伸缩和变形。

Clarity 的 CEO 本人是一名正在读本科的大学生，从创业伊始就对不管是硬件还是软件要求都特别高，在 UI 方面尤其如此，Material Design 是为数不多的能满足他的要求的设计语言。本系统中版本管理模块和 Smart City 模块都使用了 Material Design，深受设计师、程序员和用户喜爱，因为在这套设计语言的基础上，设计师省去了很多繁琐的顾虑，程序员实现时也有比较好的 UI 库，界面简洁明了，让用户直观地感受到页面上不同层次不同元素的重要性。

2.1.4 响应式设计和 Flex 布局

响应式设计是一种 WEB 设计方法，旨在构建出可以提供跨设备的（从桌面电脑到移动设备）拥有最佳的视觉和交互体验的网站，方便用户使用最少的缩放、平移和滚动操作来阅读和浏览。^[3] 为自动适应浏览者的设备环境，响应式网站使用流式的基于比例的网格布局，弹性的图片和 CSS3 media queries²做到了以下几点：

流式网格 流式网格要求页面元素按照如百分比之类的相对单位来缩放而不是传统的如像素或点的绝对单位；

弹性图片 为防止图片显示时超出容器范围，弹性图片也按照相对单位来缩放；

Media queries Media queries 允许页面上的元素根据显示设备的某种属性来使用不同的样式，这里的属性主要是设备的宽度；

Flex 布局，全称 CSS Flex Box Layout，意思为弹性盒状模型布局，它是由 W3C 在 2009 年提出的一种新的布局方案，可以简便地、完整地、响应式地实现各种简单或复杂的页面布局，目前所有主流浏览器都支持 Flex 布局。

Clarity 作为一家创业公司没有那么多精力同时维护不同平台上的应用，因此虽然目前并不要求适配手机，但起码的屏幕宽度兼容是需要的，为将来适配更小的屏幕打好基础。本系统中三个模块都使用了 flex 布局，从而使得页面上的元素可以随着设备屏幕大小的变化（或浏览器的缩放）而自

¹<http://www.androidpolice.com/2014/06/11/exclusive-quantum-paper-and-googles-upcoming-effort-to-make-consistent-ui-simple/>

²没有正式的中文译名，直译为媒体查询，是 CSS 中 @media 规则的扩展

动伸缩。虽然我们的系统不需要适配手机，但其中版本管理模块因为页面上有比较宽的列表，在窄屏幕上显示不正常，于是采用了响应式设计来避免这个问题。

2.1.5 RESTful API 设计和 Web Socket 数据更新

RESTful 中文名叫“具象状态传输”，全称“Representational state transfer”，它是一种包含一系列同在一个分布式网络系统中协调的组件、连接器和数据元素如何按照不同的角色进行交互的设计原则（或者叫设计风格），旨在促进系统的性能、可扩展性、简单性、可修改性、可读性、便携性和可靠性。^[4,5] 相比于 SOAP¹和 XML-RPC²更加简单轻量，在 URL 处理和 Payload 编码上更加简洁明了。这套设计原则并不局限于 WEB 应用程序，只要满足其约束条件的和原则的应用程序或设计就是 RESTful。WEB 应用程序最重要的 REST 原则是，客户端和服务端之间的交互在不同请求之间是无状态的，这就意味着服务器可以随时重启并且客户端并不关心连接的是哪台服务器，这十分适合云计算³的环境。

WebSocket 是 HTML5⁴中一种新的通信协议，浏览器与服务器通过一个 TCP⁵连接上的全双工通信 (full-duplex) 进行交互，只有一开始的握手需要借助 HTTP⁶请求完成。它使得浏览器可以和网站进行更多更频繁更实时的交互，从而可以摒弃从前通过轮询⁷来获取最新数据却会给服务器带来沉重负担的方法。

Clarity 如其他众多创业公司一样，选择使用云服务器来搭载自己的服务，因为其自动扩展的虚拟化资源无论是直接成本还是管理成本都比自己公司搭建服务器低。本系统搭载在 AWS 云服务器上，无状态交互是可扩展性的一大保障，频繁地增删改查设备等数据资源也需要 RESTful，于是设计了一套 RESTful 风格的 API，前端和后端分别遵循 API 接口来实现。另一方面需要让用户能够实时地看到自己的修改以及空气质量的变化，本系统使用 WebSocket 来实时地更新数据，前后端分别使用收听和发送相关主题 (topic)。

2.1.6 OAuth 和 JWT

OAuth 是 Open Authorization 的简写，它是一个被广泛用作互联网用户使用它们的微软、Google、Facebook、Twitter 等账号在不用输入它们的密码的情况下登录到第三方网站的开放授权标准。一般来讲，OAuth 提供给客户端一个代表资源所有者访问服务器资源的“安全访问授权”。它规定了资源所有者授权第三方访问其服务器资源而无需共享它们的凭据的过程。它是专门为超文本传输协议 (HTTP) 设计的，本质上 OAuth 允许一个授权服务器在资源所有者批准的情况下直接把访问令牌 (Access Token) 发送到第三方客户端，然后第三方再使用访问令牌来获取资源服务器上被保护的资源。^[6]

¹Simple Object Access protocol, 简单对象访问协议

²XML (标准通用标记语言下的一个子集) 远程方法调用

³提供动态的易扩展的虚拟化计算资源的互联网服务模式

⁴万维网的核心语言、标准通用标记语言下的一个应用超文本标记语言 (HTML) 的第五次重大修改

⁵即 Transmission Control Protocol 传输控制协议

⁶即 HyperText Transfer Protocol 超文本传输协议，是互联网上应用最为广泛的一种网络协议

⁷每隔一秒向服务器发送一个 HTTP 请求来获取最新数据

JWT 是 JSON Web Token 的简写，它是一个用来在 WEB 应用环境下在不同参与者之间传递声明 (claims) 的开放标准。这些令牌被巧妙地设计成紧凑、URL 安全且可用的，最适合使用在浏览器单点登录¹的情况下。JWT 声明被典型地用于在身份提供者和服务提供者或者任何其他业务过程中需要身份的地方之间传递认证用户的身份识别。^[7] 这些令牌本身也可以被认证和加密。

Clarity 虽然业务规模还不小，用户数量也很少，但在安全认证方面也是紧跟行业潮流，为将来接入各种社交账号登录做准备。本系统使用 OAuth 标准，其中访问令牌 (Access Token) 使用的是 JWT。用户登录后除了会获得一个对应的访问令牌之外还有一个寿命较长的刷新令牌 (Refresh Token) 用来在用户短期离线后自动刷新访问令牌，而这一切除了一开始的登录都不需要用户重新输入密码，只有在用户长期离线刷新令牌也过期的情况下才需要再次登录。

除了对 HTTP 请求做了权限验证之外，本系统对 WebSocket 部分也做了相应的权限验证，socket 客户端连接上 Socket 服务器后，会先通过 socket 把自己的访问令牌 (Access Token) 发送给服务器，服务器验证后会发回一个通过验证或者未通过验证的消息，socket 客户端通过收听这两个消息来知道自己是否验证成功。如果 socket 客户端未通过验证，就会通知前端的原本用来刷新令牌的机制去刷新访问令牌。而每次访问令牌被改变或刷新后，socket 客户端都会重新发送请求认证的消息，socket 服务端也会通知客户端之前的认证已经失效。

2.1.7 Flux 架构模式

Flux 是 Facebook 用来构建客户端 WEB 应用的应用架构，它利用一个单向的数据流对 React²的可组合的视图组件进行了有力的补充。它更像是一种模式而不是一个框架，所以在这里本课题认为它属于理论而不是技术。

它与传统的 MVC 模型³不同，主要包括三部分：dispatcher、store 和 view，由 action 来触发状态 (state) 变化。如下图所示：所有的 action 会进入到 dispatcher 进行处理，dispatcher 会产生新的 state 用以更新 store，store 选择恰当的时机更新后通过 view 提前注册好的消息（回调）来告诉 view 更新用户界面。但其实大部分情况下 action 由用户的操作产生，因此会有从 view 产生的 action。

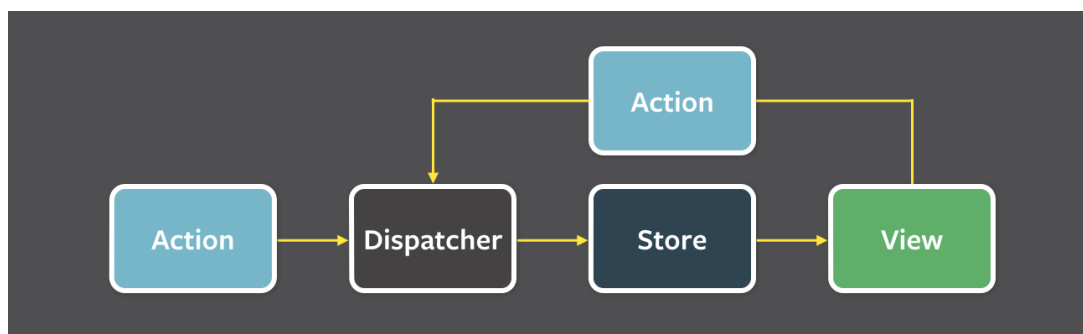


图 2-1 Flux 单向数据流

Fig 2-1 Flux Unidirectional Data Flow

¹ SSO, single sign-on

² 会在下一节技术架构中介绍到

³ 即 Model View Controller，是一种软件设计典范

单向数据流传输的 Flux 不会像 MVC 那样，一旦系统复杂了，model 和 view 之间的联系呈几何级数增长，也不会像双向绑定那样，一旦绑定层数多了，连程序员自己都不清楚状态更新是被哪里触发的。

Clarity 致力于给用户最好的体验，因此在给合作方做的 Smart Home 和 Smart City 两个模块中使用了 Flux 架构模式。用户也许会在潜意识里感觉到，他们在我们的应用上看到的状态永远是一致的，不会出现类似明明看到有未读的消息点进去却发现没有的情况。

2.2 技术架构

Clarity 的开发团队是一个精简且高效的年轻团队，我们选择了统一而不是分散的技术栈：全栈 JavaScript。从前端到后端，从业务逻辑到单元测试，全部使用 JS，这样给我们带来了不少好处：1. 提高了代码重用率，因为前后端可以共同使用一些代码逻辑 2. 提高了分工灵活度，前后端的人力可以随时支援对方 3. 提高了开发速度，因为全栈 JS 的生态圈很强大、包管理系统也非常省心省力 4. 提高了代码可维护性，因为全栈 JS 的各种代码规范标准非常强大...

下面就开始分前端、后端、数据库和服务端来介绍本系统的技术架构：

2.2.1 前端：Angular VS React

目前 JS 的主流前端技术无外乎两个选择，Angular 和 React，如图 2-2 所示，这两个项目在 Github 上排行分别是第 5 和第 6。

2.2.1.1 Angular

AngularJS 是一个主要由 Google 维护的开源 WEB 应用框架，另外还有一个由个人和企业组成的解决 SPA¹开发过程中遇到的挑战的社区参与维护。AngularJS 旨在通过提供一个客户端 MVC 架构和 MVVM²架构的框架来简化 SPA 的开发和测试，另外它还提供了许多在丰富互联网应用（Rich Internet Application）³中被广泛使用的组件（component）。

AngularJS 首先读取预先嵌入了额外的自定义标签和自定义属性的 HTML 页面，Angular 把这些标签和属性解译为一些 directive⁴，它们可以把页面上输入和输出的部分绑定到一个标准 JavaScript 变量模型（model），模型中的值可以在代码中设置或者来自静态或动态的 JSON⁵资源。

AngularJS 在 2010 年首次发布，除了开源，它有一些创举，极大解放了前端工程师以及后端工程师的生产力：

1. 使用依赖注入（dependency injection）⁶，使得客户端也可以使用 MVC，把 WEB 应用程序的客户端和服务端解耦合了，减轻了原本后端路由控制、页面渲染的负担，使得两边都可以被重用

¹Single-page applications 单页面应用

²model-view-viewmodel

³是一种拥有很多桌面应用软件特性的 WEB 应用

⁴AngularJS 中对可重用组件的定义

⁵JavaScript Object Notation, 是一种使用可读的文本来传输以键值对表示的数据对象的开放标准格式

⁶一种使用控制反转来处理依赖管理的软件设计模式

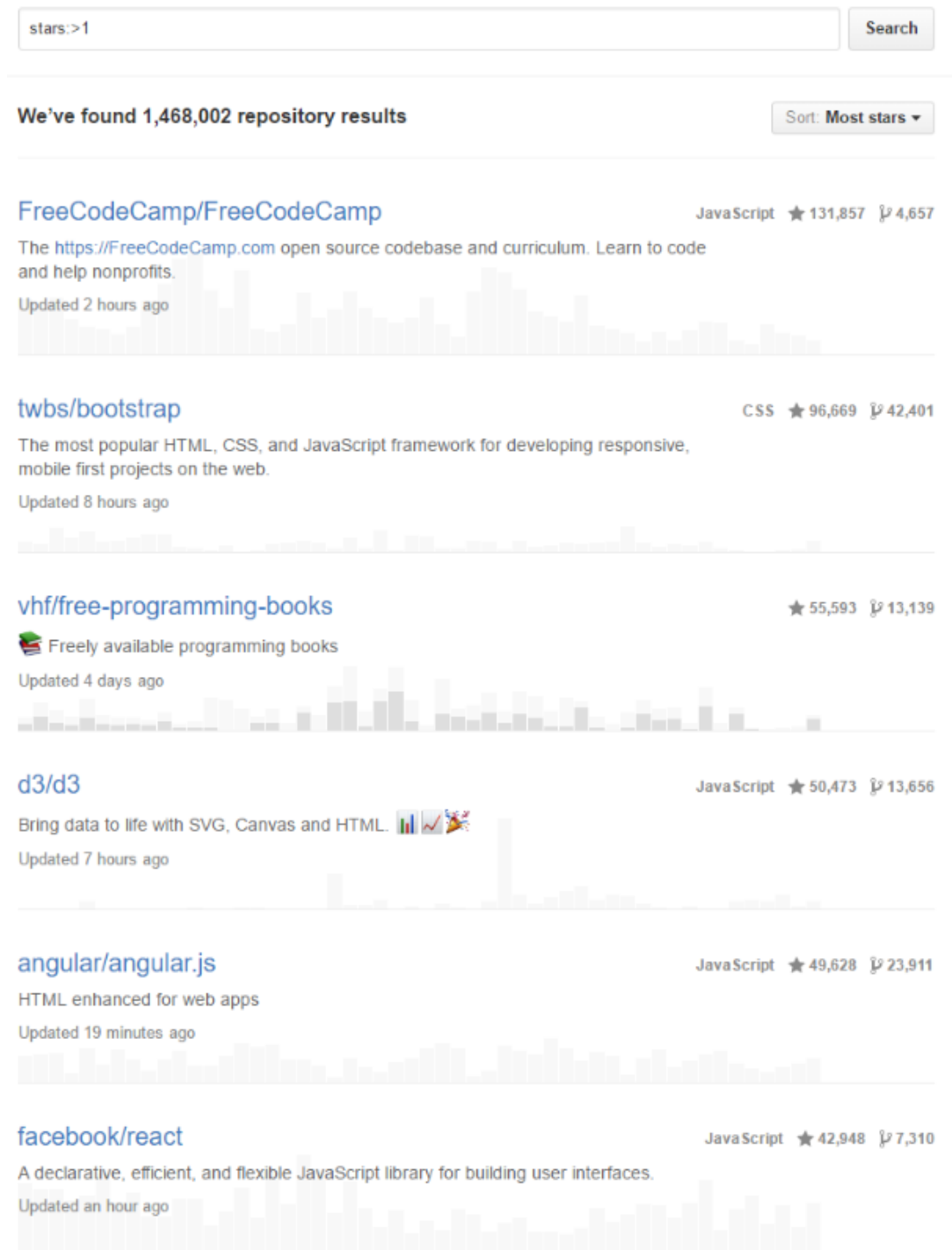


图 2-2 Github angular 和 react 排名情况
Fig 2-2 Github star ranking of angular and react

2. 使用双向绑定 (two-way data binding)¹, 把 DOM 操作从应用程序逻辑中移除了 (或者说尽量避免使用), 增强了客户端程序的可测试性和性能; 增强了 HTML, 在 HTML 标签中插入模型变量 (model), 使得开发者编写 HTML 时 “所见既所得”。
3. 提供了一整套构建 WEB 应用的过程: 从 UI 设计, 到业务逻辑, 再到测试, 大量的可重用组件和强大的生态圈使得开发者大量减少重复造轮子的现象

2.2.1.2 React

ReactJS 是一个用来把视图数据渲染为 HTML 的开源 JavaScript 库, 它的主要维护者是 Facebook、Instagram 和一个由个人开发者和企业组成的社区。React 视图用以自定义 HTML 标签形式定义的组件 (component) 来渲染, 这些组件可以也包含其他的组件。React 在现代单页面应用开发上给开发者提供了一个这样的模型: 1. 子组件无法直接影响父组件的² 2. 当数据有所改变时, 高效地更新 HTML 文档 (document) 3. 干净的组件隔离

ReactJS 是一个年轻的库, 它在 2011 年被首次部署, 在 2013 年美国 JS 大会 (JSConf US 2013) 上被开源, 它吸收了很多 Angular 的优点, 同时也发现了 Angular 的不足, 总得来讲, ReactJS 有以下几点特性是它如此成功的原因:

单向数据流 (One-way data flow) 主要由前文介绍的 Flux 架构保证, 每个组件会收到一些属性 (properties) 用来渲染到 HTML 标签中。与 Angular 的双向绑定不同, 组件本身不可直接修改这些属性, 只能通过作为属性传入的回调函数来修改, 在 Flux 架构中, 就是触发 Action, 这种原理被叫做 “properties flow down actions flow up”。

虚拟 DOM (Virtual DOM) React 构造了一个内存中的 DOM 缓存, 统一计算每次渲染之间的差异, 然后高效地对浏览器中的 DOM 进行差异更新, 相比于 Angular 而言, Angular 是监听每个视图模型 (model) 的变化, 然后更新 DOM 中对应的部分, 并没有差异更新的能力。

JSX³ JSX 允许 React 很方便地在 JS 代码中渲染子组件 (subcomponents)。与 Angular 增强 HTML 不同, React 依靠 JavaScript 本身的强大, 更加方便地做到了一样的功能。

不得不提的一点是 Angular 的团队同样知道这些不足, 并开发了 Angular2, Angular2 在很多方面与 React 很相似, 同时又保留了一些 Angular 的优点。

2.2.1.3 综合比较与选择

目前来说 Angular 是 2015 年的 JS 宠儿, 而 React 则后来居上, 其实 Angular2 应当能与 React 媲美, 但是在项目研发时, Angular2 离可以正式使用还有一段距离, React 则已经接近正式发布。

Angular 和 React 最大的不同在于一个是 WEB 框架, 一个是 JS 库。WEB 框架意味着开发一个主流的单页面 WEB 应用程序所需要的一切⁴Angular 都提供给你了, 而 React 崇尚小而精, 它只提供了最核心的部分, 其他部分都由开发者自己从社区中选择或者自己开发组合起来搭建一个 WEB 应用程序。因此也就带来了 Angular 和 React 的一大不同, Angular 开发 WEB 应用程序比较方便快捷, 而用 React 则有更多的选择, 可以有更多的个性化定制, 更加灵活多变。

¹视图和逻辑中的模型变量 (model) 互相绑定, 牵一发而动全身

²所谓的数据向下流, data flows down

⁴狭义上的, 当然不包括各种开发工具

表 2-1 Angular 和 React 的对比
Table 2-1 Comparisons between Angular and React

对比	Angular	React
灵活度	一般	灵活多变
稳定性	稳定且成熟	接近稳定
开发速度	快	一般社区
强大	一般但快速成长	
性能	一般	很高
支持 Web Component ¹	弱	强
视图核心语言	HTML	JavaScript
页面一致性 ²	一般	强

¹ React 设计之初就考虑到对 Web Component 的支持，而 Angular 的发布和 Web Component 概念提出大概是在同一时期。

² 在上一节的 Flux 介绍中提到，Angular 的双向绑定可能会导致页面出现一些不一致，而程序员自己都难以定位。

如表 2-1 所示，Angular 和 React 在很多方面各有不同，有些并不能分出优劣。

本系统中版本管理模块类似传统的后台管理系统，因此选用了稳定、成熟且开发迅速的 Angular；而 Smart Home 和 Smart City 模块是给用户定制的，所以选用了灵活度更大，性能更好，页面一致性更高的 React。具体使用了哪些技术，在后面对模块的详细设计中会有所介绍。

2.2.2 后端：NodeJS 以及 Express VS Koa

NodeJS 是一个用来开发服务端 WEB 应用的开源的跨平台的运行时环境，NodeJS 在运行时用 Google 的 V8 引擎¹编译 JavaScript。尽管 NodeJS 不是一个 JavaScript 框架，但它很多的基础模块都是用 JavaScript 写的，开发者也可以用 JavaScript 编写新的模块。

NodeJS 提供事件驱动的架构和异步的 I/O²处理。这些设计决策旨在优化 I/O 集中或者实时的 WEB 应用的吞吐量和可扩展性，实时 WEB 应用主要是实时通信类应用和网页游戏。

NodeJS 允许 WEB 服务端和网络工具的开发使用 JavaScript 和一个核心功能模块（Modules）的集合，包括文件系统 I/O，网络 I/O（DNS, HTTP, TCP, TLS/SSL 和 UDP），二进制数据，加密函数、流数据³等^[8]。NodeJS 的模块使用一套设计好的 API 来减少编写服务端应用的复杂度。NodeJS 应用程序可以在 Mac OS X, 微软 Windows, NonStop⁴ 和 Unix 系统的服务器上允许。

¹Chromium 项目为 Google Chrome 浏览器开发的一个开源的 JavaScript 引擎

²一种允许其他进程在传输结束之前继续执行的 input/outputpush 处理方式

³数据以一个系列的数据元素组成，分批地传输，如视频、音乐等媒体资源的传输往往会用流数据的方式

⁴一系列专门的服务器计算机

2.2.2.1 ExpressJS

ExpressJS 是用来搭建 WEB 应用程序的 NodeJS 服务器框架，它几乎就是 NodeJS 标准的服务器框架。它最初的作者 TJ Holowaychuk 把它描述为一个由 Sinatra¹ 启发的服务器，也就是说它是相对最小的但用插件提供了很多功能。Express 作为后端部分与 MongoDB 数据库和 AngularJS 前端框架共同组成 MEAD stack²。

2.2.2.2 KoaJS

KoaJS 由 Express 原班人马倾力打造，致力于把 Koa 做成一个更小、更加健壮、更富有表现力的 WEB 框架。Koa 提供了不同的 generator³，可以避免琐碎的回调函数嵌套，并极大地简化了错误处理，同时还提升了代码的可读性和健壮性，使得 WEB 应用开发变得得心应手。Koa 的内核中没有任何事先绑定的中间件（middlewares），它只提供了一个轻量级的函数库。

2.2.2.3 综合比较与选择

从设计哲学上讲，Koa 想要“修复并取代 NodeJS（fix and replace node）”，而 Express “补充了 NodeJS（augments node）”。Koa 可以被看做是 NodeJS 的 http 模块的抽象，而 Express 是一个 NodeJS 的应用框架。

表 2-2 Koa 和 Express 的对比
Table 2-2 Comparisons between Koa and Express

特性/功能	Koa	Express
中间件内核	√	√
路由		√
模板		√
发送文件		√
JSONP ¹		√
没有回调	√	
更好的错误处理	√	
不需要域	√	

¹ JSON with Padding, 是一种 WEB 开发者用来跨域的技术。

如表 2-2 所示，Koa 和 Express 相比更加专精于 HTTP 的处理，且更加优秀。

本系统中版本管理模块因为技术模型比较成熟，选择了 MEAN 捆绑包，也就是在后端部分选择了 Express。而在另外两个模块中，使用了同一个后端，且则选择了更加便于维护的 Koa。与 Koa 相

¹ 一个用 Ruby 写的免费开源 WEB 应用程序库，同时也是一门域专用语言（domain-specific language），特点是核心最小化，各种特性（或功能）以插件的形式来提供

² 一个用于构建动态网站和 WEB 应用的开源 JavaScript 捆绑包，MEAN 分别指的是 MongoDB, Express, Angular 和 NodeJS

³ ES6 的一种新特性，可以用一种连续的方式写异步函数

结合来使用的一些模块，在后面详细设计中会具体介绍。

2.2.3 数据库：MongoDB 和 RedisDB

2.2.3.1 MongoDB 和 Mongoose

MongoDB 是一款免费的、开源的、跨平台的、面向文档（document-oriented）的非关系型数据库。MongoDB 避免了传统的基于表的关系型数据库的结构，转而使用一种类似 JSON 的有动态描述（schema）¹ 的文档（documents）来存储数据，给一些特定类型的应用带来了更简便更快速的数据集成。据月度排行网站 DB-engines.com 统计，到 2016 年 6 月，MongoDB 是世界上第四流行的数据库，并且是最流行的文档数据库。待填充（MongoDB 主要特性和功能）

Mongoose 是一个开源的 JavaScript 库，旨在为 NodeJS 提供优雅的 MongoDB 对象模型，给开发者提供了直截了当的基于描述（schema）的方法来为应用程序数据建模，包括内置的类型转换、校验、查询构建和业务逻辑 Hook。

2.2.3.2 RedisDB

Redis，这个名字是“REmote DIctionary Server”的缩写，它是一个基于内存的、开源的、支持远程访问的、具有可选的耐用性的数据结构服务器，也可以认为是一种键值对存储数据库。据月度排行网站 DB-engines.com 统计，RedisDB 是世界上第 10 流行的数据库，并且是最流行的键值对存储数据库。RedisDB 主要被广泛用于服务器端来缓存一些经常被访问的资源和一些临时的状态。

跟 MongoDB 一样，要在 NodeJS 中使用，需要一个类似 Mongoose 的库，它就是 `node_redis` `node_redis` `Redis` `JavaScript`

本系统中所有模块都是使用的同一个 MongoDB 并使用 Mongoose 来对数据进行建模，其中 Smart Home 和 Smart City 的后端因为需要计算一些临时的平均值等原因使用了 Redis 来缓存这些状态。

2.2.4 服务器：AWS Elastic Beanstalk 云服务

AWS，全称 Amazon Web Services，是亚马逊旗下的一家子公司。AWS 云服务是该公司提供的一套云计算服务，这些服务组成了一个按需分配的云计算平台。AWS Elastic Beanstalk 是其中一款 PaaS（平台及服务的）云服务。它允许用户创建应用程序并把他们推送到一个可定义的 AWS 服务集合，其中包括弹性计算云²，简单存储服务³，简单通知服务⁴，云监测⁵，自动扩展服务⁶和弹性负载均衡器⁷。Elastic Beanstalk 在简单的服务器和操作系统之上又额外提供了一层抽象，实际上用户看到的是个预装好的操作系统和平台的组合。

云服务正是大多数初创公司选择的部署服务器的方式，弹性的计算资源意味着用户量小的时候成本极低，而 AWS 在全球有 12 处地理分区，覆盖了全球绝大部分地方，所以成了 Clarity 的不二之

¹ 数据库中用某种语言来描述的数据的结构或蓝图

² Elastic Compute Cloud，简称 EC2，可以弹性地分配计算资源，AWS 最核心的服务之一

³ Simple Storage Service，简称 S3，用于文件存储，也是 AWS 最核心的服务之一

⁴ Simple Notification Service，简称 SNS

⁵ CloudWatch，可以实时监测 EC2 用户的资源利用率

⁶ autoscaling

⁷ Elastic Load Balancers

选。像 Elastic Beanstalk 这样的平台及服务的云服务更是给初创公司带来的了诸如自动部署、即时通知、实时监测、自动扩展、负载均衡等便利，因此 Clarity 选择了使用 Elastic Beanstalk 云服务。

2.3 开发工具

工欲善其事,必先利其器。有正确的理论指引方向和合适的技术铺平道路,还需要选择最佳的工具来加速前进。本课题调研并选择了一些最符合系统要求的工具来辅助开发,包括版本控制工具、编辑器、代码生成器、文档生成器、代码质量检测工具、编译工具、单元测试工具、持续集成工具等。

2.3.1 版本控制：Git 和 Git Flow

Git 是一个被广泛用于软件开发和其他版本控制任务的版本控制系统 (Version Control System)。

2.3.2 IDE 文本编辑器: Webstorm VS Atom

Atom 是一个由 Github 开发的一款免费的开源的文本和源代码编辑器,面向 OS X、Linux 和 Windows 用户,支持用 NodeJS 编写的插件并且内置了 Git 版本控制。

2.3.3 代码生成：Yeoman 和 Yeoman Generators

2.3.4 文档生成：JsDoc VS EsDoc

2.3.5 代码质量：Lint 工具和 Git hooks

2.3.5.1 Eslint

2.3.5.2 Jslint

2.3.5.3 Jscs

2.3.5.4 Stylelint

2.3.5.5 Pre-commit

2.3.6 编译工具：Grunt VS Gulp VS Npm

2.3.7 单元测试：Mocha 和 Karma

2.3.8 持续集成：Travis-CI VS Solano

第三章 可行性分析

3.1 技术可行性

3.2 经济可行性

3.3 操作可行性

第四章 需求分析

- 4.1 功能目标
- 4.2 用户用例
- 4.3 快速原型
- 4.4 数据字典
- 4.5 性能需求
- 4.6 用户运行环境

第五章 系统设计与开发

5.1 总体设计

5.2 版本管理模块

5.2.1 前端

5.2.1.1 客户端 ORM

5.2.1.2 代码生成器

5.2.1.3 响应式设计

5.2.2 后端和数据库

5.2.2.1 CRUD Controller

5.2.2.2 on-save 实时更新

5.3 Smart Home 和 Smart City 模块

5.3.1 前端

5.3.1.1 redux 管理数据流

5.3.1.2 Echarts 绘制图表

5.3.2 后端和数据库

5.3.2.1 socket-io 实时更新

5.4 主要组件详细设计

5.4.1 客户端 ORM 表单组件

5.4.2 EChart 组件

5.4.3 AqiChart 组件

5.4.4 AqiMap 组件

5.4.5 API 组件

第六章 系统最终实现效果

6.1 版本管理模块

6.1.1 前端

6.1.1.1 客户端 ORM

6.1.1.2 代码生成器

6.1.1.3 响应式设计

6.1.2 后端和数据库

6.1.2.1 on-save 实时更新

6.2 Smart Home 模块和 Smart City 模块

6.2.1 前端

6.2.1.1 redux 管理数据流

6.2.1.2 Echarts 绘制图表

6.2.2 后端和数据库

6.3 主要组件详细设计

6.3.1 客户端 ORM 表单组件

6.3.2 AqiChart 组件

6.3.3 AqiMap 组件

第七章 系统测试和部署

7.1 开发环境配置

7.2 测试环境配置和持续集成

7.3 运行环境配置

第八章 总结与展望

8.1 工作总结

8.2 工作展望

参考文献

- [1] J. Radatz, A. Geraci and F. Katki. “*IEEE standard glossary of software engineering terminology*”. *IEEE Std*, **1990**, 610121990(121990): 30.
- [2] K. Beck *et al.* “*What is Agile Software Development*”. **2013**.
- [3] E. Marcotte. *Responsive web design*. Editions Eyrolles, **2013**.
- [4] R. T. Fielding and R. N. Taylor. “*Principled design of the modern Web architecture*”. *ACM Transactions on Internet Technology (TOIT)*, **2002**, 2(2): 115–150.
- [5] R. T. Fielding. *Architectural styles and the design of network-based software architectures* [phdthesis], **2000**.
- [6] D. Hardt. “*RFC6749-The OAuth 2.0 Authorization Framework. Oct. 2012*”. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6749> (v isited on 04/24/2015).
- [7] J. Bradley, N. Sakimura and M. Jones. “*JSON Web Token (JWT)*”. **2015**.
- [8] P. Teixeira. *Professional Node.js: Building Javascript based scalable software*. John Wiley & Sons, **2012**.

谢 辞

感谢悉心指导论文设计和撰写的吴刚老师！

感谢提携我加入公司并在工作中给出指导和帮助的施宇晨同学！

感谢在工作中通力合作的傅浩南同学！