



电子科技大学

University of Electronic Science and Technology of China

学 士 学 位 论 文

BACHELOR DISSERTATION

论文题目 分布式在线程序评测系统——web端实现

学生姓名 李昀

学 号 2010013100008

专 业 通信工程

学 院 通信与信息工程学院

指导教师 饶力

指导单位 电子科技大学

2014年2月24日

摘 要

ACM国际大学生程序设计竞赛（英语：ACM International Collegiate Programming Contest, ICPC）是由美国计算机协会（ACM）主办的，一项旨在展示大学生创新能力、团队精神和在压力下编写程序、分析和解决问题能力的年度竞赛。经过30多年的发展，ACM国际大学生程序设计竞赛已经发展成为最具影响力的大学生计算机竞赛。

程序设计竞赛采用了黑盒测试的思想来评判选手的程序。在黑盒测试中，测试者只知道程序的输入、输出和系统的功能，按照一定的规范设计出一系列测试案例来进行测试。在线程序评测系统（Online Judge）以此为基础，可以对多种语言的源代码进行自动编译、测试、分析及评判。除了被应用于程序设计竞赛，也有一些老师将其引入到日常的程序语言教学之中，并取得了很好的效果。

在本文中，作者首先通过介绍了目前著名的几个在线评测系统来说明目前该类平台的发展趋势，并阐述了MVC架构的特点以及如何应用到web应用中去，随后设计了一个简单的分布式在线程序评测系统，并描述了它的整体架构和实现。

关键词：程序设计竞赛，黑盒测试，在线程序评测系统，MVC架构，Web应用

ABSTRACT

ACM International Collegiate Programming Contest (abbreviated as ACM-ICPC or just ICPC) is an annual multi-tiered competitive programming competition among the universities of the world. This contest is designed to show students' ability of innovation, teamwork, analysis problem, solve problem and coding under pressure. After 30 years of development, ACM-ICPC has become the most influential collegiate programming contest.

The programming contest use Black-box testing method to judge contestants' program. In Black-box testing, tester only know the functionality of an application (e.g. what the software does and the input/output format), tester design multiply testcases fit in the corresponding format to test. Based on this method, Online Judge System (OJ) can compile, test, analysis and judge multiply kinds of language. Not only in programming contest, many teachers introduce this system into computer language course and achieve significant results.

In this thesis, the writer first introduces the developing trend of Online Judge System through several popular Online Judge Systems, and take a tourial of MVC architecture and how to use MVC in the web application. Then he devises a simple Distributed Online Judge System and describes it.

Keywords: Programming Contest, Black-box testing, Online Judge, MVC Architecture, Web Application

目 录

第1章 引言	1
1.1 课题背景	1
1.2 研究意义	2
1.3 研究现状	3
参考文献	4
致 谢	5
外文资料原文	6
外文资料译文	12

第1章 引言

1.1 课题背景

ACM-ICPC (Association of Computing Machinery - ACM International Collegiate Programming Contest, 美国计算机协会——国际大学生程序设计竞赛) 是由国际计算机界历史悠久、颇具权威性的组织ACM于1970年发起组织的年度竞赛活动, 是当今国际计算机界历史悠久并得到全球公认的规模最大、水平最高的国际大学生设计竞赛。大赛旨在展示大学生创新能力、团队精神和在压力下编写程序、分析和解决问题能力, 迄今已经成功举办38届。比赛涌现出的优秀学生往往被各高校和许多知名企业所看重。

ACM-ICPC以团队的形式代表各学校参赛, 每队由3名队员组成^①。比赛期间, 每队使用1台电脑需要在5个小时内使用C、C++或Java中的一种编写程序解决7到10个问题。每个问题都有一组标准的测试数据以及对应的答案, 选手程序完成之后提交裁判运行, 裁判机运行选手提交的程序, 通过其输出与标准答案相比较来得到结果, 运行的结果会判定为“AC(正确)/WA(错误)/TLE(超时)/MLE(超出内存限制)/RE(运行错误)/PE(格式错误)”中的一种并及时通知参赛队。

电子科技大学从2005年起便开始参加这项竞赛, 在最近的第38届ACM-ICPC亚洲区域赛中国大陆赛区共有成都、杭州、南京、长沙、长春5站, 其中成都站的比赛由电子科技大学承办, 本届比赛中, 电子科技大学学子共获4金7银5铜。其中UESTC Aspidochelone代表队在成都站排名第二, 在南京站获得亚军殊荣, 顺利晋级2014年夏季在俄罗斯叶卡捷琳堡举行的世界总决赛^②。

这项竞赛与其它竞赛最大的区别在于它采用的是机器评测的方法而不是依靠人的评价, 它采用了黑盒测试[1]的思想来评判选手的程序。在黑盒测试中, 测试者只知道程序的输入、输出和系统的功能, 按照一定的规范设计出一系列测试案例来进行测试。在线程序评测系统(Online Judge)以此为基础, 可以对多种语言

① 每位队员必须是在校学生, 有一定的年龄限制, 并且最多可以参加2次全球总决赛和5次区域选拔赛。

② 见: <http://www.new1.uestc.edu.cn/news/index/id/1056>

的源代码进行自动编译、测试、分析及评判。除了被应用于程序设计竞赛，也有一些老师将其引入到日常的程序语言教学之中，并取得了很好的效果[2][3]。

目前已经存在许多不同种类的Online Judge，如表1-1所示：

表 1-1 几个著名的评测网站

名称	来源	地址
Topcoder	TopCoder, Inc	http://community.topcoder.com/tc
Codeforces	萨拉托夫州立大学	http://codeforces.com/
Project Euler	Colin Hughes	https://projecteuler.net/
HDOJ	杭州电子科技大学	http://acm.hdu.edu.cn/
POJ	北京大学	http://poj.org/
Virtual Judge	华中科技大学	http://acm.hust.edu.cn/vjudge/toIndex.action
ZOJ	浙江大学	http://acm.zju.edu.cn/onlinejudge/

其中HDOJ、POJ、ZOJ都属于传统的Online Judge，有着自己的题库和测评器。HDOJ如今已经成为了国内ACM竞赛界最为著名的Online Judge，每年暑假都会组织多校联合训练，平时还会承办各类程序设计竞赛（如腾讯编程马拉松）。ZOJ则是以每个月举行的浙大月赛而闻名。

相反，Virtual Judge没有自己的题库和测评器，它的题库仅仅是提供了各个OJ题库的一个索引，用户可以在这些题目的基础上组织比赛，然后Virtual Judge将提交的代码送到对应的OJ上去测评，再将结果返回给用户。

Topcoder采用Java applet载入平台，而不是建立于网页之上，它和codeforces都具有challenge环节，在这个环节选手可以互相查看对方代码（在一定条件下），并尝试用自己的测试用例来找出对方代码中的BUG。

1.2 研究意义

随着在线评测系统越来越广泛的应用到各个领域，作者希望实现一个简单的、易扩展的在线评测系统来满足当今的需求，同时借此来了解互联网新技术的使用和创新方式。

1.3 研究现状

自从互联网诞生以来，网站从最初只能在浏览器中展现静态的文本或图像信息，发展成为功能丰富的各类Web应用，这期间动态技术起着重要的作用。

互联网诞生之初，Web开发还比较简单，开发者经常会去操作web服务器(主要还是他自己的机器)，并且他会写一些HTML页面放到服务器指定的文件夹(/www)下。这些HTML页面，就在浏览器请求页面时使用。但是这样做只能获取到静态内容。由此出现了CGI和Perl脚本，在web服务器端运行一段短小的代码，并能与文件系统或者数据库进行交互。

当时组织CGI/Perl这样的脚本代码太混乱了。CGI伸缩性不是太好(经常是为每个请求分配一个新的进程)，也不太安全(直接使用文件系统或者环境变量)，同时也没提供一种结构化的方式去构造动态应用程序。直到出现了Java Server Pages(JSP)，微软的ASP，以及PHP等技术。

同时，在Google的推广下AJAX（Asynchronous JavaScript and XML，异步的JavaScript与XML技术）开始流行起来，让事情变得很有意思。AJAX允许客户端的JavaScript脚本为局部页面提供请求服务，然后可以在无需回到服务器情况下动态刷新部分页面，也就是更新浏览器中的document对象，通常称作DOM，或者文档对象模型。虽然从服务器端返回的仍然是HTML，但浏览器上的代码能把这HTML片段内嵌到当前页面中。也就是说web应用的响应可以更快，这时我们真正用web应用取代了web页面。谷歌的GMail和谷歌地图都是当时AJAX的杀手级产品。随后用AJAX局部刷新就如雨后春笋般出现。

在随后的几年时间里，AJAX成为了焦点，但在服务器端仍然使用着旧有的技术。大概在2007年，37signals公司公开其成员——Ruby on Rails。那个基于Ruby on Rails 5分钟构建博客的演示完全征服了全世界的开发者。一夜之间，所以谈论的焦点都是关于Rails，Rails的不同之处在于使用规定的方式去设计你的web应用程序，运用一种已经广泛在桌面应用开发，但未被搬到web应用上的开发模式。这种模式就叫做MVC（Model-View-Controller）模式。

直到今天，MVC模式已经被应用于许许多多的框架之中，例如在服务器端运行的Spring MVC框架，在前端运行的AngularJS。这允许我们能够快速构建web服务，以及基于AngularJS的客户端接口，甚至和其它的服务，如PhoneGap或者其它原生移动开发工具一样，进行移动应用的开发。

参考文献

- [1] B. Beizer. Black-box testing: techniques for functional testing of software and systems[M].[S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- [2] 尤枫, 史晟辉. ACM 在线评测在编译原理实践教学中的应用探讨[J]. 计算机教育, 2009, 20:113–115.
- [3] 郭嵩山, 王磊, 张子臻. ACM/ICPC 与创新型 IT 人才的培养[J]. 实验室研究与探索, 2007, 26(12):181–189.
- [4] <http://developer.chrome.com/>. MVC Architecture[EB/OL]. http://developer.chrome.com/apps/app_frameworks.

致 谢

历时将近两个月的时间终于将这篇论文写完，在论文的写作过程中遇到了无数的困难和障碍，都在同学和老师的帮助下度过了。尤其要强烈感谢我的论文指导老师——饶力老师，他对我进行了无私的指导和帮助，不厌其烦的帮助进行论文的修改和改进。另外，在校图书馆查找资料的时候，图书馆的老师也给我提供了很多方面的支持与帮助。在此向帮助和指导过我的各位老师表示最中心的感谢！

感谢这篇论文所涉及到的各位学者。本文引用了数位学者的研究文献，如果没有各位学者的研究成果的帮助和启发，我将很难完成本篇论文的写作。

感谢时富军同学给我们提供了电子科技大学毕业论文的 $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 模板，为我们排版论文带来了无比的便捷。

感谢我的同学和朋友，在我写论文的过程中给予我了很多素材，还在论文的撰写过程中提供热情的帮助。由于我的学术水平有限，所写论文难免有不足之处，恳请各位老师和学友批评和指正！

MVC Architecture[4]

As modern browsers become more powerful with rich features, building full-blown web applications in JavaScript is not only feasible, but increasingly popular. Based on trends on HTTP Archive, deployed JavaScript code size has grown 45% over the course of the year.

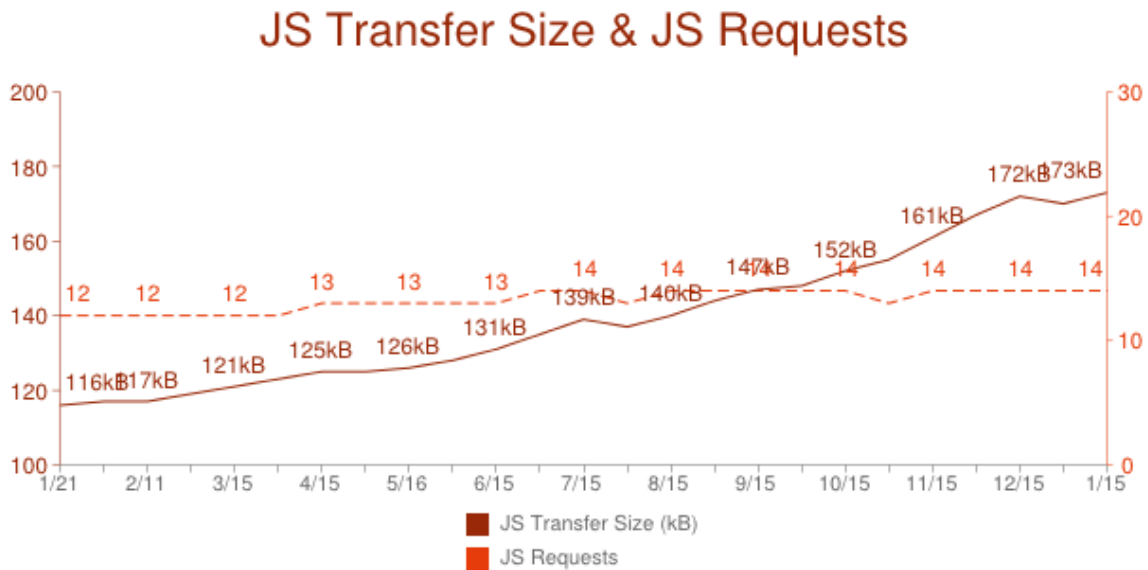


Figure A-1 JS Transfer Size & JS Requests

With JavaScript's popularity climbing, our client-side applications are much more complex than before. Application development requires collaboration from multiple developers. Writing **maintainable** and **reusable** code is crucial in the new web app era. The Chrome App, with its rich client-side features, is no exception.

Design patterns are important to write maintainable and reusable code. A pattern is a reusable solution that can be applied to commonly occurring problems in software design — in our case — writing Chrome Apps. We recommend that developers decouple the app into a series of independent components following the MVC pattern.

In the last few years, a series of JavaScript MVC frameworks have been developed, such as backbone.js, ember.js, AngularJS, Sencha, Kendo UI, and more. While they all have their unique advantages, each one of them follows some form of MVC pattern with the goal of encouraging developers to write more structured JavaScript code.

1.1 MVC pattern overview

MVC offers architectural benefits over standard JavaScript — it helps you write better organized, and therefore more maintainable code. This pattern has been used and extensively tested over multiple languages and generations of programmers.

MVC is composed of three components:

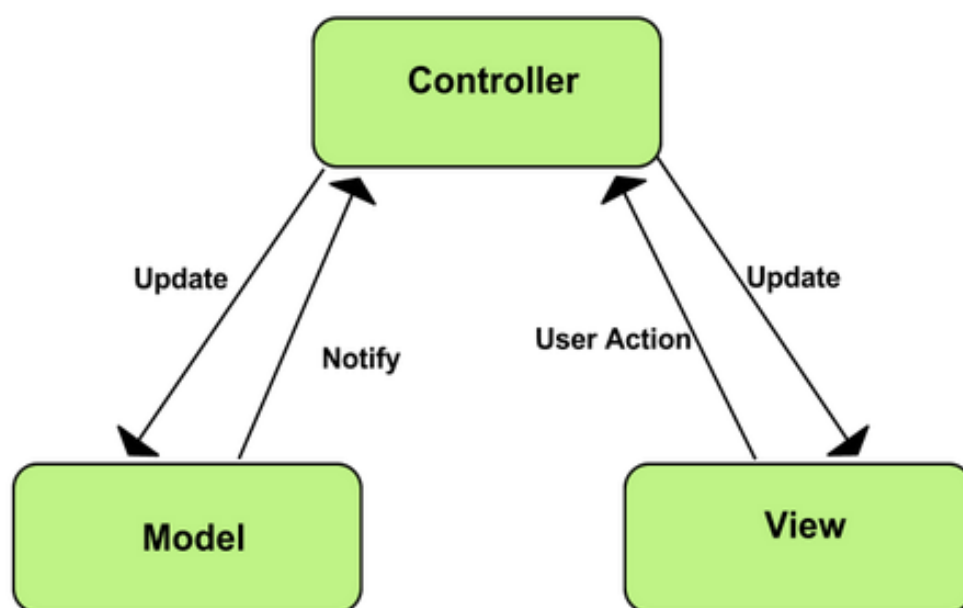


Figure A–2 MVC

1.1.1 Mode

Model is where the application's data objects are stored. The model doesn't know anything about views and controllers. When a model changes, typically it will notify its observers that a change has occurred.

To understand this further, let's use the Todo list app, a simple, one page web app that tracks your task list.

The model here represents attributes associated with each todo item such as description and status. When a new todo item is created, it is stored in an instance of the model.

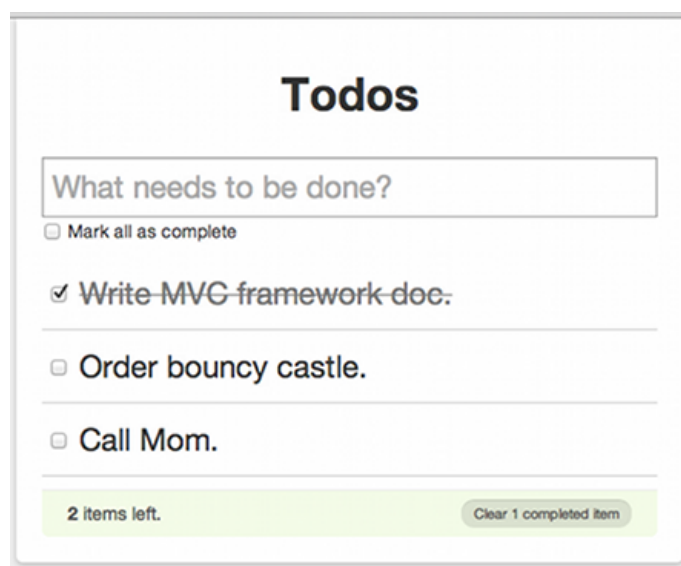


Figure A-3 Todo list app

1.1.2 View

View is what's presented to the users and how users interact with the app. The view is made with HTML, CSS, JavaScript and often templates. This part of your Chrome App has access to the DOM.

For example, in the above todo list web app, you can create a view that nicely presents the list of todo items to your users. Users can also enter a new todo item through some input format; however, the view doesn't know how to update the model because that's the controller's job.

1.1.3 Controller

The controller is the decision maker and the glue between the model and view. The controller updates the view when the model changes. It also adds event listeners to the view and updates the model when the user manipulates the view.

In the todo list web app, when the user checks an item as completed, the click is forwarded to the controller. The controller modifies the model to mark item as completed. If the data needs to be persistent, it also makes an async save to the server. In rich client-side web app development such as Chrome Apps, keeping the data persistent in local storage is also crucial. In this case, the controller also handles saving the data to the client-side storage such as FileSystem API.

There are a few variations of the MVC design pattern such as MVP (Model–View–Presenter) and MVVP(Model–View–ViewModel). Even with the so called MVC design pattern itself, there is some variation between the traditional MVC pattern vs the modern interpretation in various programming languages. For example, some MVC–based frameworks will have the view observe the changes in the models while others will let the controller handle the view update. This article is not focused on the comparison of various implementations but rather on the separation–of–concerns and it’s importance in writing modern web apps.

If you are interested in learning more, we recommend Addy Osmani’s online book: [Learning JavaScript Design Patterns](#).

To summarize, the MVC pattern brings modularity to application developers and it enables:

- Reusable and extendable code.
- Separation of view logic from business logic.
- Allow simultaneous work between developers who are responsible for different components (such as UI layer and core logic).
- Easier to maintain.

1.2 MVC persistence patterns

There are many different ways of implementing persistence with an MVC framework, each with different trade–offs. When writing Chrome Apps, choose the frameworks with MVC and persistence patterns that feel natural to you and fit you application needs.

1.2.1 Model does its own persistence - ActiveRecord pattern

Popular in both server–side frameworks like Ruby on Rails, and client-side frameworks like Backbone.js and ember.js, the ActiveRecord pattern places the responsibility for persistence on the model itself and is typically implemented via JSON API.

A slightly different take from having a model handle the persistence is to introduce a separate concept of Store and Adapter API. Store, Model and Adapter (in some frameworks it is called Proxy) work hand by hand. Store is the repository that holds the loaded

models, and it also provides functions such as creating, querying and filtering the model instances contained within it.

An adapter, or a proxy, receives the requests from a store and translates them into appropriate actions to take against your persistent data layer (such as JSON API). This is interesting in the modern web app design because you often interact with more than one persistent data layer such as a remote server and browser's local storage. Chrome Apps provides both Chrome Storage API and HTML 5 FileSystem API for client side storage.

Pros:

- Simple to use and understand.

Cons:

- Hard to test since the persistence layer is 'baked' into the object hierarchy.
- Having different objects use different persistent stores is difficult (for example, FileSystem APIs vs indexedDB vs server-side).
- Reusing Model in other applications may create conflicts, such as sharing a single Customer class between two different views, each view wanting to save to different places.

1.2.2 Controller does persistence

In this pattern, the controller holds a reference to both the model and a datastore and is responsible for keeping the model persisted. The controller responds to lifecycle events like Load, Save, Delete, and issues commands to the datastore to fetch or update the model.

Pros:

- Easier to test, controller can be passed a mock datastore to write tests against.
- The same model can be reused with multiple datastores just by constructing controllers with different datastores.

Cons:

- Code can be more complex to maintain.

1.2.3 ApplicationController does persistence

In some patterns, there is a supervising controller responsible for navigating between one MVC and another. The ApplicationController decides, for example, that a 'Back' button moves the client from an editing screen (which contains MVC widgets/formats), to a settings screen.

In the ApplicationController pattern, the ApplicationController responds to events and changes the app's current screen by issuing a call to the datastore to load any models needed and constructing all of the matching views and controllers for that screen.

Pros:

- Moves persistence layer even higher up the stack where it can be easily changed.
- Doesn't pollute lower level controllers like a DatePickerController with the need to know about persistence.

Cons:

- Each 'Page/Screen' of the app now requires a lot of boilerplate to write or update: Model, View, Controller, ApplicationController.

MVC架构

在现代浏览器拥有越来越丰富的新特性的当下，构建功能成熟的web应用已经不再是一件困难的事，而是更多开发者的选择。通过对网络中的HTTP数据的分析，目前已经部署的JavaScript代码在上一年之中增长了45%。

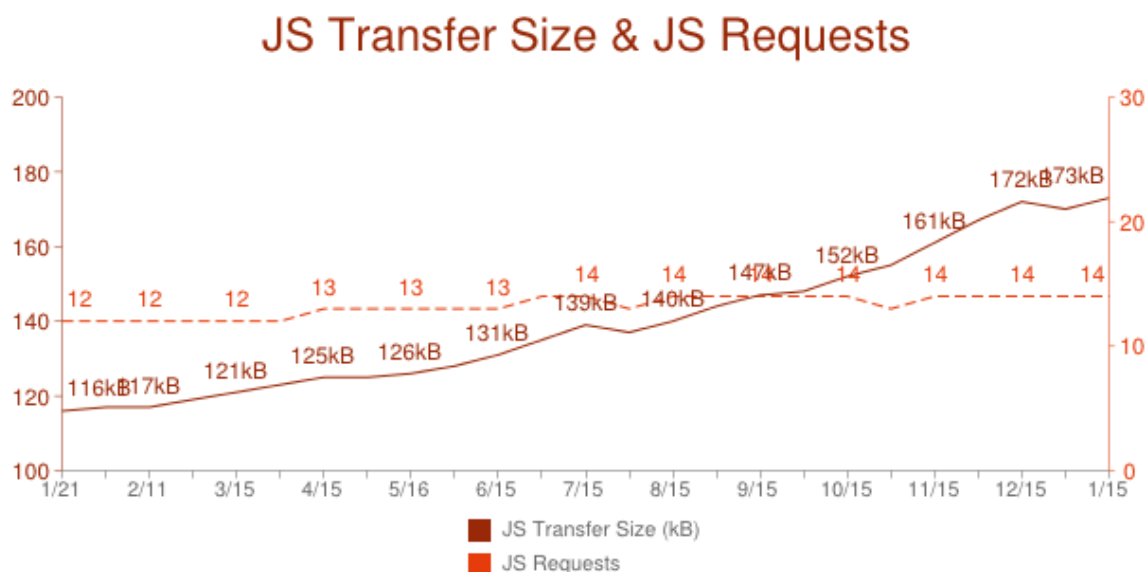


图 A-1 JS Transfer Size & JS Requests

随着JavaScript变得越来越流行，客户端应用也变得越来越复杂。开发一个应用需要许多开发者的合力协作。书写维护性与复用性强的代码成为了当今web应用时代的关键。Chrome应用——以及它丰富的特性，也不例外。

设计模式在如何书写维护性与复用性良好的代码中扮演着重要的角色。在我们的案例中，当我们构建一个Chrome应用时，一个可复用的模式可以应用于在软件设计中遇到的许许多多常见的问题。我们建议开发者们通过MVC模式将应用分解成一系列相互独立的部分。

在最近几年，一系列基于JavaScript的MVC框架先后问世：backbone.js, ember.js, AngularJS, Sencha, Kendo UI……它们各有特点，但是都遵守MVC模式——为了让开发者写出更加结构化的JavaScript代码。

1.1 MVC模式概览

MVC模式在标准JavaScript之上提供了一个有益的架构——它帮助我们写出更有组织性的，维护性强的代码。这种模式还被应用于许多编程语言，并且通过了几代程序员的广泛考验。

MVC模式由三部分组成：

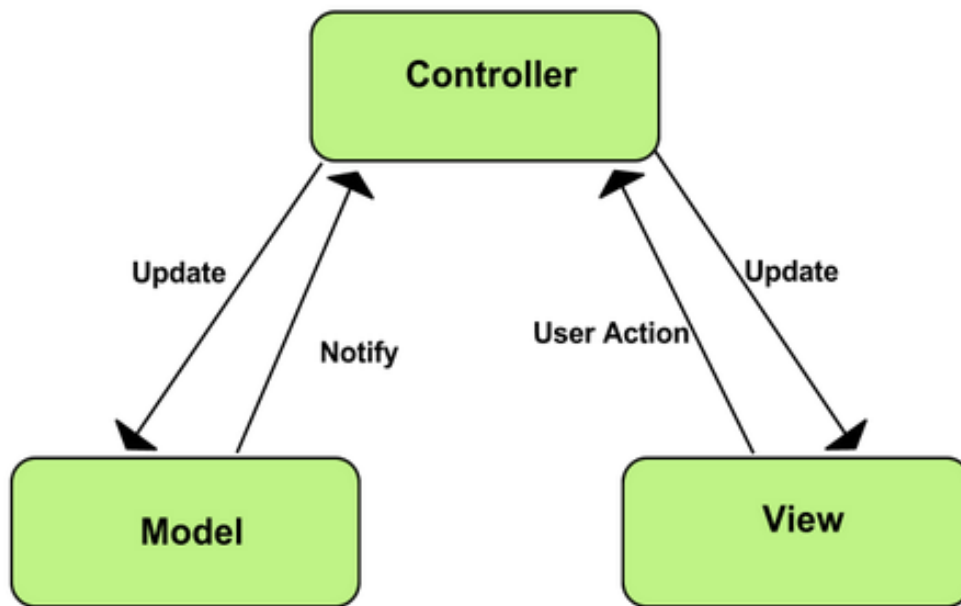


图 A-2 MVC

1.1.1 模型（Model）

模型被用于储存应用程序的数据对象。模型不知道视图和控制器的任何细节。当一个模型发生了改变，它会将这个改变通知它的观察者们。

为了理解这种特性，让我们看看这个待办列表应用，它是一个简单的能够管理用户的任务列表的单页应用。

在这里模型被用于表示每个待办项目的属性，例如描述（description）和状态（status）。每当一个新的待办项目被建立时，它被保存在该模型的一个新的实例中。

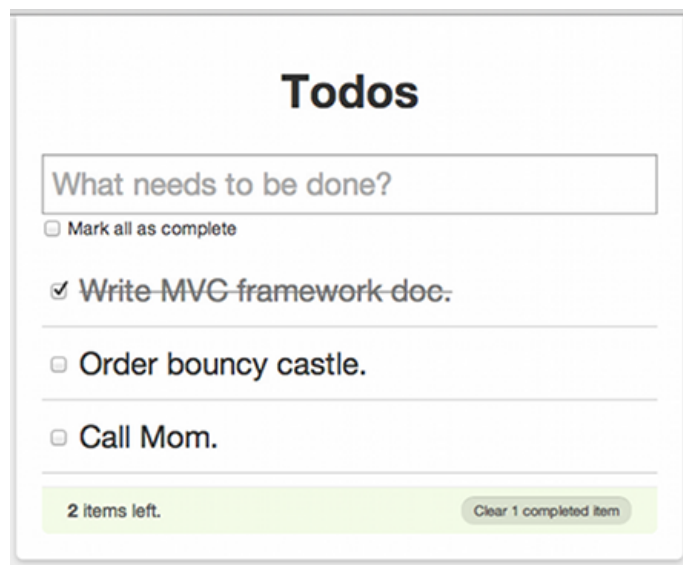


图 A-3 待办列表应用

1.1.2 视图（View）

视图被用于向用户展示数据以及用户进行交互。视图由HTML，CSS，JavaScript和模板组成。在你的Chrome应用当中，视图可以访问文档对象模型（DOM）。

举例来说，在上面的待办列表应用中，开发者创建了一个很不错的视图用来向用户展示待办列表项。用户可以通过一些固定的输入格式来新建一个新的待办事项，但是要注意一点：视图并不知道如何对模型进行更新操作，这是由控制器来完成任务。

1.1.3 控制器（Controller）

控制器被用于逻辑控制和充当模型与视图之间的“胶水”。当模型发生改变时，控制器更新对应的视图。除此之外，控制器还可以给视图添加事件监听器，当用户对视图进行操作的时候来通知模型做出对应的更改。

在待办列表应用中，当用户将一条待办事项标记为完成时，这个单击事件被发送给控制器。控制器收到请求后对对应的模型做出修改，将其状态标记为完成。通常它还会与服务器进行一次保存操作来持久化保存这次修改。在一些功能强大的客户端应用（例如Chrome应用）中，有时也需要将数据保存在本地。在这种情况下，控制器也可以用类似于FileSystem API的工具将数据保存在客户端。

MVC模式有一些变种，比如MVP（模型-视图-呈现）和MVVP（模型-视图-视图模型）。甚至对于的MVC设计模式，在传统的MVC模式和不同语言的实现中也存在许许多多的变种。例如有些基于MVC的框架通过监视模型的变化来直接修改视图，而有些则是通过控制器来更新视图。这篇文章的重点不在于比较这些不同的实现方法，而是专注于关注关注点分离这项在现代web应用中被广泛应用的技术。

如果你对此有兴趣的话，我们推荐你Addy Osmani的在线书籍《Learning JavaScript Design Patterns》。

最后，我们来总结一下，MVC模式给应用开发者带来了模块化的能力以及一下特性：

- 可复用易扩展的代码。
- 将视图逻辑和操作逻辑分离。
- 允许许多开发者同时进行不同模块的开发（例如UI和核心逻辑）。
- 易于维护。

1.2 MVC持久化模式

MVC框架有许许多多不同的方法来实现持久化操作，每种都各有优点。在开发Chrome应用时，通常选择适合你和你的应用的框架。

1.2.1 在模型中完成持久化——活动记录模式

活动记录模式（ActiveRecord）流行于许许多多服务器端框架（例如Ruby on Rails）和客户端框架（例如Backbone.js和ember.js）中，在活动记录模式中，模型自己实现持久化的职责，例如通过JSON API来实现。

用模型来处理持久化操作的不同之处在于它引入了数据源和适配器函数的关注分离。数据源，模型和适配器（在某些框架中被称作代理）协同工作。数据源被用来保存所有的模型，同时它还提供了一些函数（例如创建、查询、过滤）来操作它包含的模型实例。

适配器（或者代理）收到来自数据源的请求后将其翻译成合适的操作来对与持久层进行交互（例如JSON API）。这在现代的web应用设计中是很重要的，因为你通常会使用不止一种持久层（例如远程服务器和本地浏览器数据）。在客户端

数据中，Chrome应用提供了Chrome Storage API和HTML5 FileSystem API两种不同的选择。

优点：

- 使用简单，便于理解。

缺点：

- 不便于测试，持久层被绑定在模型当中。
- 同时使用使用着不同的数据源的模型是很困难的（例如同时使用文件系统、索引数据库与服务器端中的数据）。
- 复用其它应用中的模型会带来冲突，例如在两个不同的视图中贡献同一个模型，而且这两个视图想要将其储存于不同的地方时。

1.2.2 在控制器中完成持久化

在这种模式中，控制器保存了模型的一个引用以及它在数据源中对应的位置。控制器对模型生命周期中的事件作出相应（例如加载，保存，删除），然后在数据源中用对应的命令来获取和更新模型。

优点：

- 便于测试，控制器可以通过注入一个模拟的数据源对象来完成测试。
- 同一个模型可以在不同的数据源中复用（只需要建立使用对应数据源的控制器即可）。

缺点：

- 代码将会变得复杂且难以维护。

1.2.3 在应用控制器中完成持久化

在一些模式中，有一个应用控制器来监控不同MVC之间的切换操作。例如“后退”按钮将当前页面从编辑窗口（包括了许多MVC控件和格式）切换到设置窗口这个事件是由这个应用控制器来决定的。

在应用控制器模式中，应用控制器响应事件，并且改变应用的当前窗口，向数据源获取任何需要加载的模型，创建窗口中需要的视图和控制器。

优点：

- 将持久层移动到了更高的层次，便于修改。
- 底层控制器不需要关系持久层的实现，保持代码的纯净。

缺点:

- 每个页面都需要一系列重复的文件需要完成: 模型、视图、控制器、应用控制器。