

Design and Implementation of Online Judge System Based on LAMP Mode

Jian Wu, Xinxia Li, Qi Sun

School of Information Technology, Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing Jiangsu
Email: 1915791898@qq.com

Received: Apr. 23rd, 2019; accepted: May 1st, 2019; published: May 8th, 2019

Abstract

With the rapid development of information technology, the traditional method of assessing student's algorithmic programming ability has faded people's horizons. This method is particularly time-consuming and error-prone because of the large amount of data, subjectivity, and mixed algorithm ideas, bringing a great burden to the teacher. A complete and online judge system will replace the traditional paper form test. This paper designs and implements an online judge system based on LAMP. It embeds the judgment kernel on the basis of common Web projects to ensure the smooth running of submitted programs.

Keywords

Online Judge, Programming Competition, Polling, Pipeline

基于LAMP模式的在线评测系统的设计与实现

武建, 李新霞, 孙琦

南京中医药大学信息技术学院, 江苏 南京
Email: 1915791898@qq.com

收稿日期: 2019年4月23日; 录用日期: 2019年5月1日; 发布日期: 2019年5月8日

摘要

随着信息技术的迅猛发展, 传统的试卷考核学生算法编程能力的方式已经淡出人们的视野, 由于数据量大、主观性强、算法思路好坏不一, 这种方式显得尤为耗时且容易出错, 给老师带来很大的负担。一套完整而在线评测系统必将取代传统的纸质形式的测试。本文设计并实现了基于LAMP的在线评测系统, 在普通Web项目的基础上嵌入判题内核, 确保提交的程序能够平稳运行。

关键词

在线评测, 程序设计竞赛, 轮询, 管道

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

ACM 国际大学生程序设计竞赛(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编写程序、分析和解决问题能力的年度竞赛[1] [2]。在线评测系统起源于 ICPC 中用来自动评判参赛选手成绩的 ACM 评测系统, 其评判原理是基于黑盒测试。在线评测系统对于培养学生编程兴趣、提高学生编程能力具有重要意义, 目前国内较著名的在线评测系统如北京大学的 POJ、浙江大学的 ZOJ 等。

本系统[3]-[9]采用 B/S 架构下 Web 程序应用平台中主流的 LAMP 模式[10] [11] [12] [13] [14]进行开发, 即选用 Linux 系统, 使用 Apache 搭建服务器, 前端使用 PHP 语言编写, 数据库使用体积小、速度快、成本低、灵活性高的 MySQL。

2. 系统设计

2.1. 系统架构

为了满足程序系统的需求, 进行灵活的判题分析, 系统采用 B/S 架构。架构图如图 1 所示。具体分析该系统, 将其设计为如下四个组成部分:

1) 网站系统(Web 端): Web 端与普通系统相同, 解决用户管理、题库管理、提交代码和统计分析等基本功能。

2) 判题核心(Judge): 和判题守护进程相互配合, 一旦判题队列中出现了用户提交的代码, 就对这段代码进行编译、运行, 并对运行下来的结果与样式输出进行比较, 将结果存入数据库。需要修建围墙来

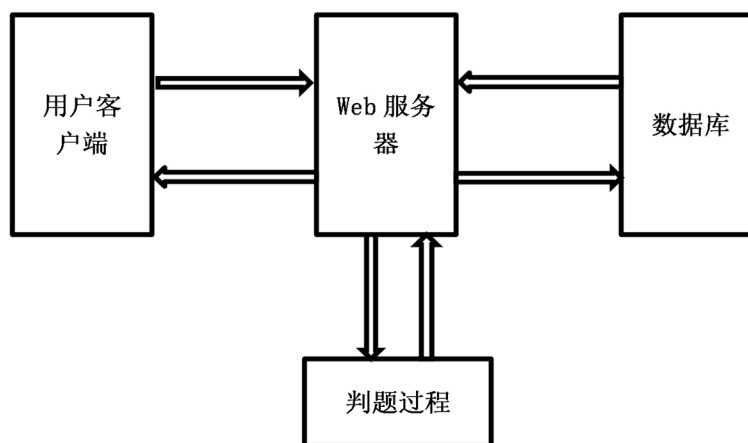


Figure 1. System architecture diagram

图 1. 系统架构图

保证系统的安全性，不能够接受恶意代码。

3) 封装层(Judge Wrapper): 这一层是 Web 端与判题内核互通的一个桥梁，它负责调用 Judge 层来完成 Web 端的响应，这使得判题核心成为一个独立的功能模块。此外，可以屏蔽掉 Web 端带来的一些恶意代码的危害，将一些潜在的威胁在进入核心判题层之前先打退回去，确保系统安全平稳运行。

4) 侦听守护进程(Daemon): 守护程序是一个基于多线程的 TCP 服务，始终轮询数据库的 solution 表是否有新的记录出现，若有，则调用封装层，并由封装层对核心判题层进行调用。

系统将采用 LAMP 的模式，如图 2 所示，客户访问架设在 Apache 服务器上的 Web 前端，服务器会读取目录下存放的.html 和.php 文件，并使用 PHP 连接 MySQL，通过标准 SQL 语句操作存储网站内容的数据库反馈给用户。

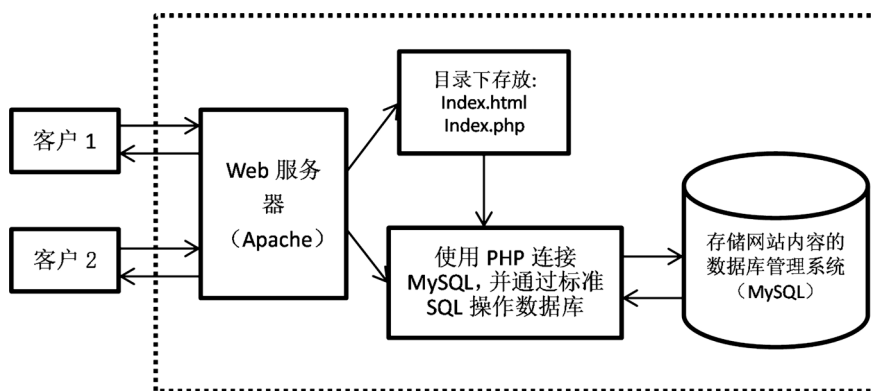


Figure 2. LAMP mode schematic
图 2. LAMP 模式原理图

2.2. 功能设计

整个系统划分为六个功能模块，即用户管理模块、题库管理模块、答题模块、判题模块、统计分析模块和算法教育模块。整个系统的功能结构图 3 所示。

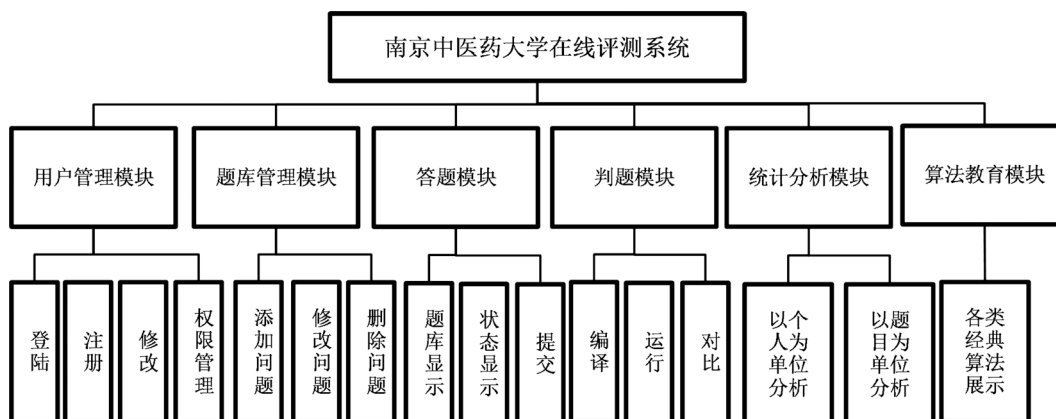


Figure 3. Functions diagram
图 3. 功能模块图

2.3. 数据库设计

数据库中设计了用户表、题目表、状态表、源代码表和编译表 5 张表，建库后数据库关系图如图 4

所示。

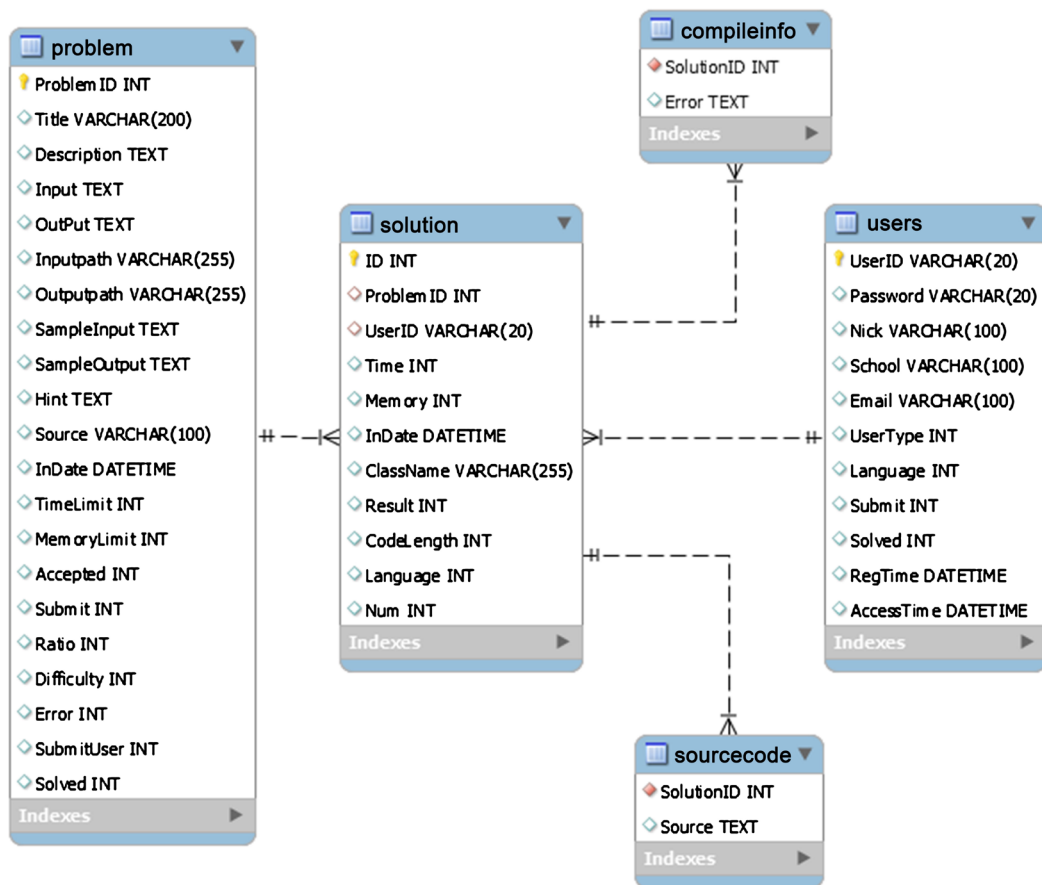


Figure 4. Database diagram
图 4. 数据库关系图

3. 判题模块设计

3.1. 判题模块构成

判题模块由两部分组成：

`judged(judge daemon)`：是一个守护进程，负责隔一段时间查找一下数据库中 `solution` 表是否存在新的用户提交的代码，若有，则加入判题队列。当有新的任务时开启 `judge client` 进程。`judged` 流程图如图 5 所示。

`Judge_client` 是核心的判题程序，担负着编译、运行和监测的工作，是系统的核心功能模块，也是最容易出现问题导致系统不能正常运行的一个模块。`Judge_client` 流程图如图 6 所示。

3.2. 关键技术

3.2.1. 轮询

用于判题守护进程中响应用户的答案提交行为，判题守护进程隔一段时间检查 `solution` 表中是否有新增数据，若有，则生成一个子进程来编译用户的代码，这些子进程形成一个任务队列，由判题内核依次执行。

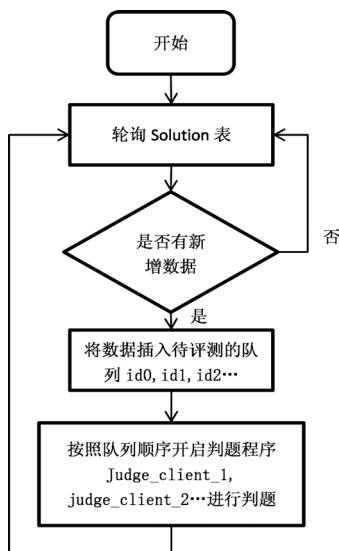


Figure 5. Judgment daemon flow chart
图 5. 判题守护进程流程图

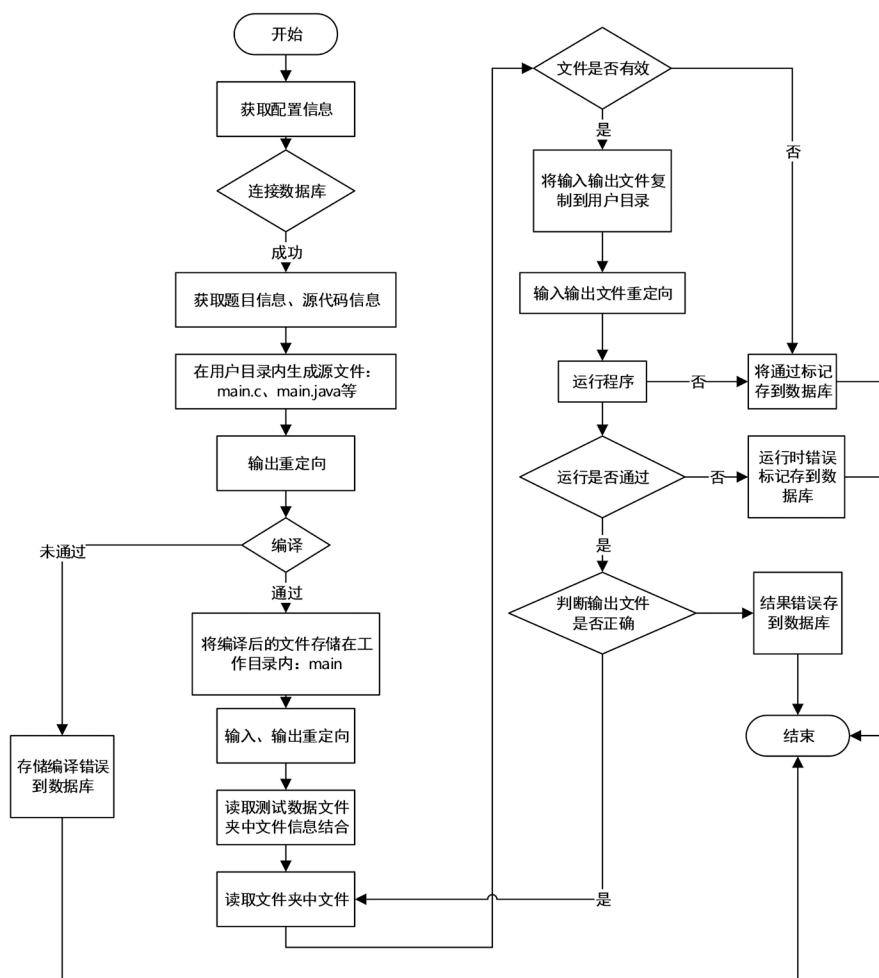


Figure 6. Judgment kernel flow chart
图 6. 判题内核流程图

3.2.2. 管道

用于进程间的通信，在指定文件夹下保存一份用户提交的代码，视情况而定调用不同编译器并利用 `exec` 族函数执行文件可以达到目的，编译时由父进程监视子进程的执行，若执行完，则在队列中执行下一个子进程。在结果对比中，判题程序每次从管道中读取一个字符，并与样式输出进行比对，直到匹配结束，一致则说明结果正确。

3.2.3. 安全性相关

为了避免用户提交的恶意代码对判题机产生危害，需要从几个方面对用户代码生成程序加以限制。

1) 输入输出

由于禁止用户程序开启文件，需要通过 `freopen` 函数重定向输入输出流，主要指用户程序 `stdin`(标准输入)、`stdout`(标准输出)、`stderr`(标准错误输出)三个流。

2) 权限

通过 `setuid` 系统调用限制用户进程的权限(设置为持有最低权限的用户 ID，本系统采用了 `nobody` 这个操作系统内置的、权限最低的用户)。在资源限制方面，进程的时间、内存、栈空间和输出文件大小都需要受到限制。这些资源限制通过 `setrlimit` 和 `setitimer` 等系统调用结合来完成。

3) 运行时检测

使用 `ptrace` 函数，主要监测以下几点：① 监测程序是否安全退出。② 监测程序是否收到了如 `SIGALRM`、`SIGVTALRM`、`SIGXCPU`、`SIGXFSZ`、`SIGSEGV`、`SIGFPE`、`SIGBUS`、`SIGABRT` 等异常信号。③ 监测资源是否超出了最大限度。④ 监测是否合法地进行了系统的调用。若任一项出现问题，一定是因为子进程的某些错误所致，必须即刻终止子进程。

4. 系统展示

4.1. 界面展示

篇幅所限，这里只给出系统部分运行截图(如图 7~10)。

The image shows a login form with the following elements:

- A text input field labeled '用户名(学号)' (Username/Student ID) with the placeholder text '用户名(学号)'.
- A password input field labeled '密码' (Password) with the placeholder text '密码'.
- A verification code input field labeled '验证码' (Verification Code) next to a green box displaying the code '8830'.
- Two buttons at the bottom: '登录' (Login) and '忘记密码' (Forgot Password).

Figure 7. Login

图 7. 用户登陆

问题编号	标题	来源	正确	提交
1000	求整数a, b的和.		8	11
1001	按要求, 给国家进行排名.	2010年浙江大	0	0
1002	计算某数的阶乘		0	1
1003	简单计算器		0	0
1004	求最大值	2009年哈尔滨	0	0
1005	素数判定	2009年哈尔滨	0	0
1006	完数	2010年哈尔滨	0	0
1007	球的半径和体积	2003年清华大	0	0

Figure 8. Problems display

图 8. 题目显示

运行编号	用户	问题	结果	内存	耗时	语言	代码长度	提交时间	判题机
1070	admin	1000	正确	8152	249	Java/Edit	266 B	2017-05-25 21:08:10	admin
1068	admin	1000	编译错误	0	0	C/Edit	153 B	2017-05-25 14:17:06	admin
1067	admin	1000	编译错误	0	0	C/Edit	153 B	2017-05-25 00:08:45	admin
1059	admin	1000	正确	8080	221	Java/Edit	266 B	2017-05-22 15:45:32	admin
1058	admin	0	运行完成	7844	212	Java	266 B	2017-05-22 15:45:14	admin

Figure 9. Judgment result display

图 9. 判题结果显示

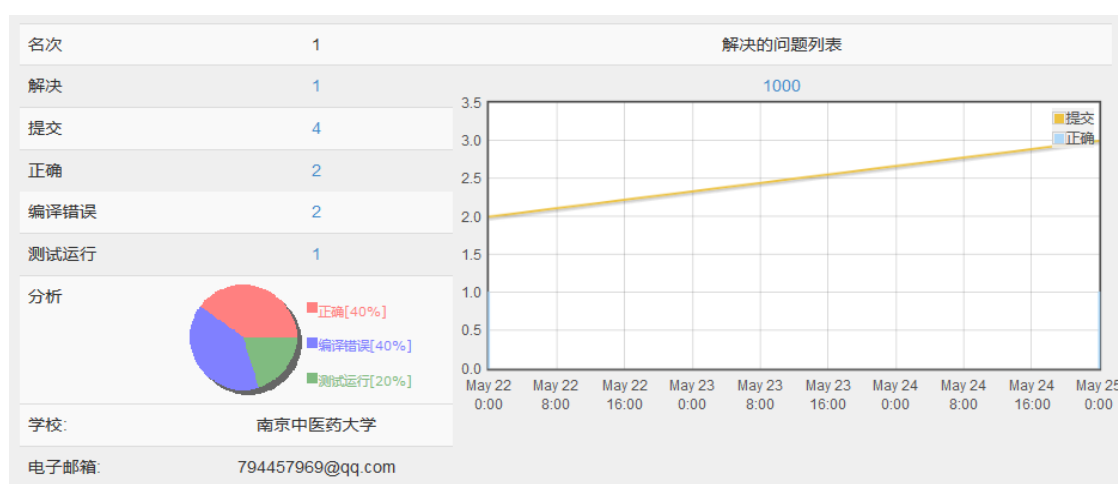


Figure 10. Statistical analysis

图 10. 统计分析

4.2. 功能测试

对系统功能制定了严格的测试计划, 编写了完备的测试用例表对系统进行功能测试, 并在测试的基础上进行修改, 重新测试, 最终所有功能模块均能满足期望目标。

5. 结束语

本文设计并实现了一个基于 LAMP 架构的在线评测系统, 提供了一个开放的自动判题的平台, 通过网络技术, 帮助学校更快更好地完成程序设计选拔和日常训练工作。

基金项目

南京中医药大学教师教学发展专项课题(编号: nzyjsfz-201620)。

参考文献

- [1] 赵凯, 贾海峰. 以国际大学生程序设计竞赛为载体推进高校计算机教育改革的探索与实践[J]. 黑龙江科技信息, 2010(36): 275.
- [2] 张浩斌. 我国高校计算机专业产学研相结合研究[J]. 经济师, 2017(1): 205+207.

- [3] Freeman, A. 精通 ASP.NET MVC 5 [M]. 张成彬, 徐燕萍, 李萍, 林逸, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2016.
- [4] Weiss, M.A. 数据结构与算法分析: Java 语言描述[M]. 第 2 版. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [5] Spaanjaars, I. ASP.NET 4.5 入门经典[M]. 第 7 版. 刘楠, 陈晓宇, 译. 北京: 清华大学出版社, 2015.
- [6] 王飞飞, 等. MySQL 数据库应用从入门到精通[M]. 第 2 版. 北京: 中国铁道出版社, 2014.
- [7] 秦小波. 设计模式之禅[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
- [8] 张素琴, 吕映芝. 编译原理[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012.
- [9] 李刚. 轻量级 Java EE 企业应用实战[M]. 第三版. 北京: 电子工业出版社, 2013.
- [10] 吴舜歆, 梁宝兰. Online Judge 的设计与实现[J]. 福建电脑, 2012, 28(2): 166-167.
- [11] 尤枫, 史晟辉, 赵瑞莲. 编译程序在线评测系统的实现[J]. 实验室研究与探索, 2010, 29(12): 69-72.
- [12] 曾台盛. 基于 B/S 模式的程序设计在线评测系统设计[J]. 长江大学学报, 2014, 11(34): 40-43.
- [13] 董文永. 基于 LAMP 架构的在线评测系统设计[C]//智能信息技术应用学会. Third International Conference on Education Technology & Training: 第 7 卷. 2010: 244-247.
- [14] 刘畅, 黄晓宇. 基于 WEB 的分布式在线程序自动评测系统的设计与实现[J]. 企业技术开发, 2010, 29(1): 23-25.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2161-8801, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org