



·粒子束及加速器技术·

HLS-II 移动端数据查询系统开发*

王子健, 宣科, 甘艳芳, 孙晓康, 徐双, 李川, 刘功发

(中国科学技术大学 国家同步辐射实验室, 合肥 230029)

摘要: 合肥光源(HLS-II)是以真空紫外和软 X 射线为主的专用同步辐射光源, 作为用户装置, 对运行性能有很高的要求。为提高数据查询的实时性与便捷性, 满足工作人员及时掌握装置运行状态的需求, 基于 Web 技术开发了 HLS-II 移动端数据查询系统。该系统在 EPICS 环境下进行开发, 以 IOC 作为实时数据源, 以 HBase 数据库作为历史数据源, 以 Phoebus Alarms 作为报警数据源, 以 MySQL 数据库存储用户管理信息。整个系统采用前后端分离的模式进行设计, 系统后端采用 Spring Boot 框架和 Node.js 环境进行开发; 系统前端以 Vue.js 框架开发, 使用 lib-flexible 弹性布局方案和 postcss-pxtorem 插件, 以适配不同种类的移动设备。测试表明, HLS-II 移动端数据查询系统信息更新流畅, 操作直观方便, 达到了设计要求。

关键词: 合肥光源; 数据查询; Web 技术; 移动端; 设备适配

中图分类号: TL503.6

文献标志码: A

doi: 10.11884/HPLPB202133.210011

Development of HLS-II mobile data query system

Wang Zijian, Xuan Ke, Gan Yanfang, Sun Xiaokang, Xu Shuang, Li Chuan, Liu Gongfa

(National Synchrotron Radiation Laboratory, University of Science and Technology of China, Hefei 230029, China)

Abstract: HLS-II is a dedicated synchrotron radiation source mainly based on vacuum ultraviolet and soft X-rays. As a user facility, it has high requirements for operating performance. To improve the real-time performance and convenience of data query and meet the needs of staff to keep abreast of the operation status of the facility in time, the HLS-II mobile data query system is developed based on Web technology. The system is developed in the EPICS environment. IOC is used as the real-time data source, HBase database as the historical data source, Phoebus Alarms as the alarm data source, and MySQL database is used to store the user management information. The whole system adopts the design pattern of separation of front and back ends. The back end of the system is developed with Spring Boot framework and Node.js environment. The front end of the system is developed with the Vue.js framework, using lib-flexible layout scheme and postcss-pxtorem plug-in to adapt to different types of mobile devices. The test results show that the HLS-II mobile data query system can update information smoothly, operate intuitively and conveniently, and meet the design requirements.

Key words: HLS-II; data query; Web technology; mobile; device adaptation

随着智能移动终端的发展与普及, 智能手机和平板电脑等移动设备在人们的生活与工作中得到越来越广泛的应用, 这种趋势也在加速器控制领域有所体现, 主要表现在实时数据展示、历史数据查询和报警信息发布等方面。在实时数据展示方面, iThemba LABS 的 Duckitt W 开发了 React 平台, 提供了移动端实时数据展示与控制界面^[1]; BNL 的 Ottavio T 搭建了专用服务器, 便于用户通过移动端 Web 获取装置的实时数据^[2]; JLab 的 Slominski R 开发了 WEDM2 组件库, 为移动端实时数据展示提供了技术支持^[3]; Wang L 开发了紧凑型电子日志系统, 可以通过移动设备访问 CSNS 的实时日志信息^[4]。在历史数据查询方面, Shen G 为 APS-U 项目开发了基于元件数据库的移动端应用, 以提高工作效率^[5]; Lv H 以数据库为基础, 为 SHINE 开发了参数管理系统, 并提供了移动端访问界面^[6]; Strangolino G 在 PWMA 项目中, 通过移动端设备展示了历史数据查询曲线^[7]; Chu P 提出了为 HEPS 开发移动端历

* 收稿日期: 2021-01-11; 修订日期: 2021-03-15

基金项目: 中国科学院合肥大科学中心重点研发项目(2019HSC-KPRD003)

作者简介: 王子健(1995—), 男, 硕士, 从事粒子加速器控制技术研究; wzj2018@mail.ustc.edu.cn。

通信作者: 刘功发(1969—), 男, 教授级高工, 从事粒子加速器控制技术研究; gfliu@ustc.edu.cn。

史数据查询软件的计划^[8]。在报警信息发布方面,张玉亮基于 WeChat 开发了 CSNS 的加速器报警信息订阅发布平台^[9]; Lin Y 基于 LINE 为 TPS 开发了用于监控加速器的前端系统^[10]; Elettra-Sincrotrone Trieste S.C.p.A.的 Strangolino G 基于 Telegram 开发了用于监控加速器并接收报警信息的应用软件^[11]; Chen X 基于 WeChat 和 SMS 为 IRFEL 开发了报警信息发布应用软件^[12]。

合肥光源 (HLS-II) 是以真空紫外和软 X 射线为主的专用同步辐射光源,在运行过程中产生了大量的数据。为了便于用户对数据进行查询和分析,开发了 PC 端的数据查询与分析系统^[13-14],目前该系统运行稳定,用户反映良好。为了满足日益增长的移动端查询需求,提高数据获取的便捷性,我们基于 Web 技术开发了 HLS-II 移动端数据查询系统。该系统对 HLS-II 控制系统的数据进行收集、加工与处理,通过统一的移动端 Web 页面提供实时数据展示、历史数据查询和报警信息发布等 3 个方面的服务功能。

1 系统架构

HLS-II 控制系统是以 EPICS 为基础的分布式控制系统,控制器称为 IOC(Input/Output Controller)。HLS-II 移动端数据查询系统在 EPICS 环境下开发,以前后端分离的模式进行设计,其系统架构如图 1 所示,由装置数据源、用户管理信息、系统后端模块和系统前端 Web 页面组成。

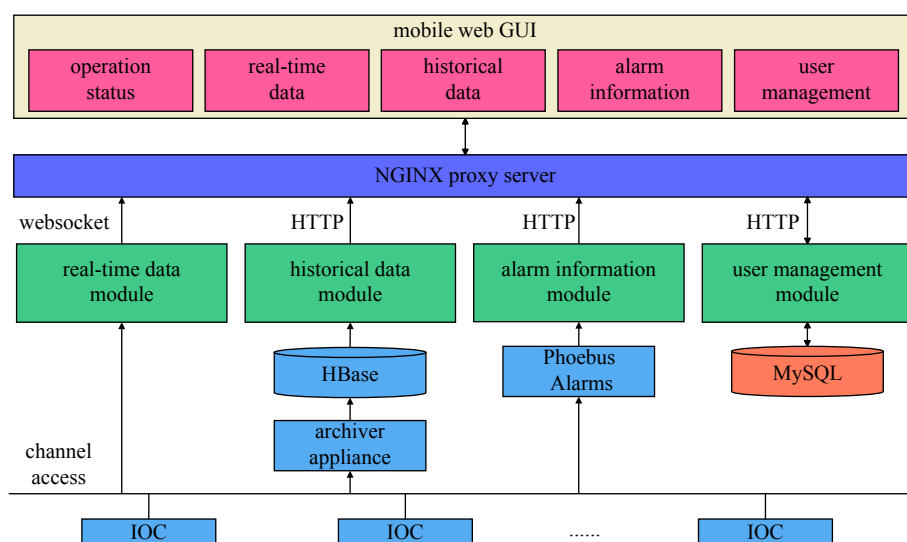


Fig. 1 Architecture diagram of HLS-II mobile data query system

图 1 HLS-II 移动端数据查询系统架构图

装置数据由 IOC 产生的实时数据、HBase 数据库中的历史数据、Phoebus Alarms 采集的报警信息构成。用户管理信息存储在 MySQL 数据库中。系统后端运行在服务器上,负责为前端提供所需数据,包含实时数据模块、历史数据模块、报警信息模块和用户管理模块。系统前端 Web 页面负责为浏览器提供 HTML, CSS, JavaScript 等静态资源。前端 Web 页面由 5 个单页面应用组成,分别为运行状态页面、实时数据页面、历史数据页面、报警信息页面和用户管理页面。Nginx 服务器作为代理服务器负责分发用户请求,既解决了前后端分离带来的浏览器跨域问题,又可以识别访问设备类型,自动切换到对应的 GUI。

2 系统后端设计与实现

系统后端由实时数据模块、历史数据模块、报警信息模块和用户管理模块组成。实时数据模块、历史数据模块和用户管理模块采用 Spring Boot 框架开发,报警信息模块在 Node.js 环境下开发。

实时数据对于操作人员及时了解装置的当前运行状态十分重要。为了提高数据获取的实时性,实时数据模块采用 Channel Access(CA)协议直接与 IOC 中相关 Process Variables(PV)建立连接。当 PV 值更新时,实时数据模块可以及时将最新的数据通过 WebSocket 协议推送给前端,从而满足实时性要求。

在历史数据查询部分, Archiver Appliance(AA)通过 CA 协议获取 IOC 数据,以不同时间粒度抽取原始数据中的特征数据,并将原始数据和特征数据存储至 HBase 数据库中,从而提高数据查询效率^[15]。历史数据模块根据用户请求从数据库获取数据,处理后通过 HTTP 协议传输给前端。

报警信息模块的数据来自于 Phoebus Alarms 组件。Phoebus Alarms 组件通过 CA 协议与 IOC 通信, 监控每个 PV 的报警状态变化。当 Phoebus Alarms 读取到报警信息后, 将数据传递给报警信息模块进行处理和暂存。系统前端 Web 页面通过 HTTP 协议以轮询的方式获取报警信息并进行展示。

用户管理模块以 Shiro 安全框架为基础, 采用 MySQL 数据库存储用户管理信息。用户管理模块处理请求的逻辑流程框图如图 2 所示。收到请求后, 模块首先判断用户是否已经认证, 若未认证则跳转到登录界面进行认证, 此时模块会将用户输入信息与数据库信息进行比对, 实现认证功能。通过认证后, 模块会判断请求是否已授权, 对于已授权的请求, 模块会返回所需数据, 否则拒绝请求并返回状态码。用户管理信息被记录在用户表、角色表、权限表、用户角色连接表和角色权限连接表中, 可以根据管理需求, 按角色授权或按 URL 授权, 实现不同粒度的权限控制。

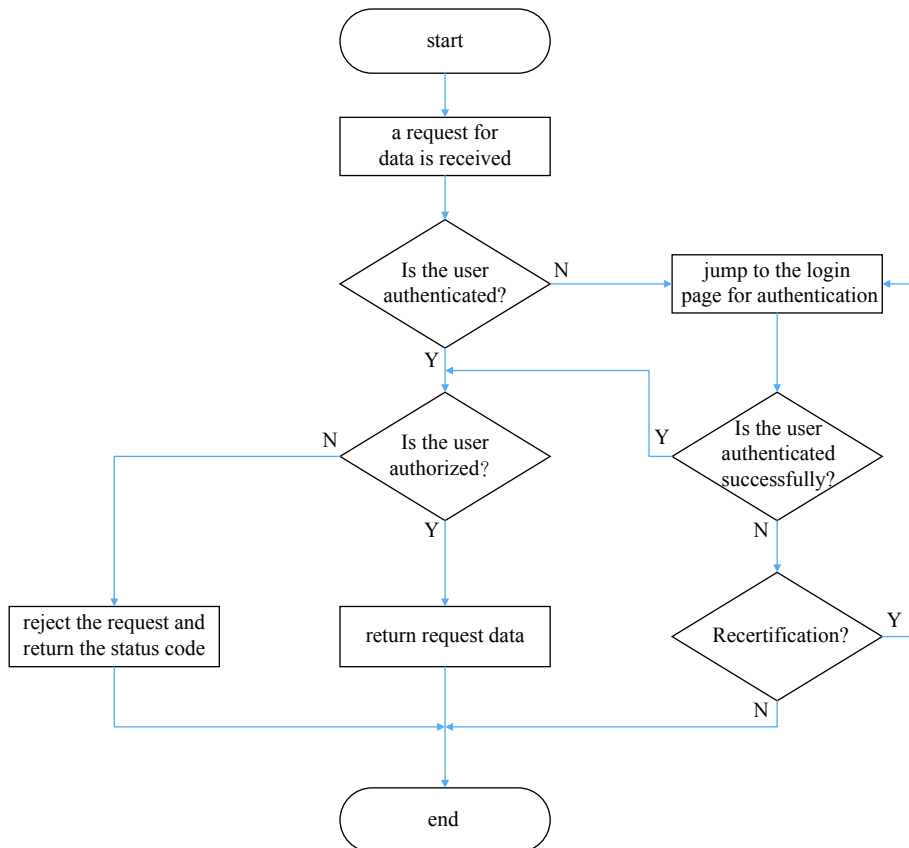


Fig. 2 Logical flow chart of user management module processing request

图 2 用户管理模块处理请求的逻辑流程框图

3 系统前端设计与实现

系统前端以 Vue.js 框架开发, 利用开源的移动端组件库 Vant 进行 UI 设计, 使用 Axios 通信组件实现前后端通信, 采用开源的 JavaScript 绘图库 Highcharts 绘制网页中的曲线图。

移动设备种类繁多, 为了适配多种屏幕规格, 引入了 lib-flexible 弹性布局方案和 postcss-pxtorem 插件。Lib-flexible 首先识别设备宽度, 计算后调整页面宽度与设备宽度相等, 并根据页面宽度动态设定根字体大小 (rem)。Vant 组件库的样式默认使用 px 作为单位, postcss-pxtorem 插件可以读取 rem 值, 并将 Vant 组件的 px 单位转化为 rem 单位, 从而在布局比例不变的情况下, 根据屏幕动态调整 Vant 组件大小。

整个前端由运行状态、实时数据、历史数据、报警信息和用户管理等页面组成。运行状态页面作为系统主页, 用来展示 HLS-II 运行的关键状态信息; 实时数据、历史数据和报警信息页面按照组别进行展示; 系统管理员可在用户管理页面对系统用户进行管理。在此详细介绍运行状态、实时数据、历史数据和报警信息页面的开发。

3.1 运行状态页面

HLS-II 运行状态页面如图 3 所示, 由状态参数展示区和束流强度展示区组成。状态参数包含运行计划、运行状态、束流强度、束流寿命和束流能量等关键参数。前端通过 WebSocket 协议与后端建立连接, 从 IOC 中直接读

取实时数据进行展示。束流展示区以曲线图的形式展示最近 24 h 的束流强度曲线,并以间隔 1 s 的频率更新曲线数据。

3.2 实时数据页面

实时数据页面如图 4 所示,由组别选择区和详细信息区组成。图 4(a)为实时数据页面组别选择器,点击组别选择区可以唤起选择器,选定查询组别。每个组别包含多个用户关心的 PV,既提高了系统查询速率,又充分利用了移动端有限的屏幕空间,便于用户快速获取所需信息。组别选定后,系统前端通过 WebSocket 协议从系统后端获取实时数据,并在详细信息区展示 PV 列表。图 4(b)为储存环主电源实时数据页面,列表内的 PV 数值更新频率为 1 Hz。

3.3 历史数据页面

历史数据页面如图 5 所示,由参数选择区、按钮区和绘图区组成。用户可以点击参数选择区,选择所要查询的组别、PV 和时间范围等参数。与组别和 PV 相关的配置文件是和 PC 端网页查询系统共享的,以方便用户的使用。按钮区包含查询按钮和重置按钮。参数选定后,点击查询按钮即可通过 HTTP 协议与后端通信获取历史数据,渲染过程中系统会锁定参数选择区与按钮区,防止多次重复查询。重置按钮提供快速清除所选参数功能。绘图区采用 Highcharts 绘图库渲染数据。数据以曲线图的形式进行展示,用户可以通过触碰曲线唤起数据提示



Fig. 3 Operation status page

图 3 运行状态页面



(a) group selector

(b) real-time data of magnet power supply in storage ring

Fig. 4 Real-time data pages

图 4 实时数据页面

栏,查看触点的详细信息。为解决移动端屏幕宽度过小的问题,绘图区提供手势缩放功能,并提供缩放还原按钮。

3.4 报警信息页面

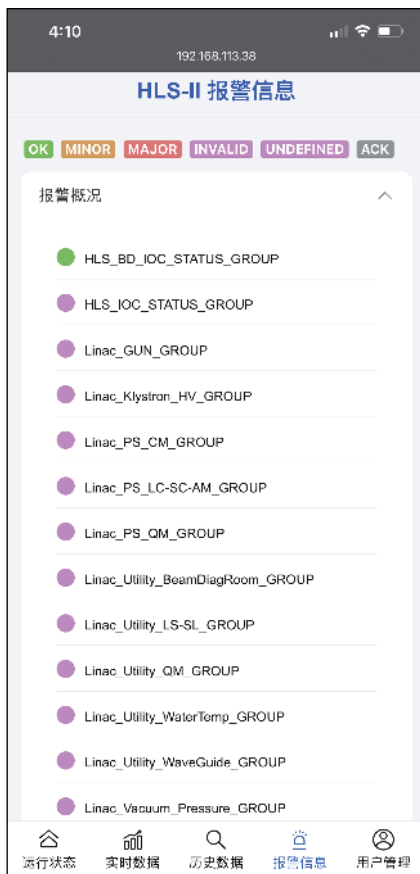
报警信息页面如图 6 所示,由报警概况区、参数选择区和信息展示区组成,其参数配置是与 PC 端网页查询系统共享的。图 6(a)为报警概况区页面,提供报警概览功能。该区域按系统类别对 PV 进行分组,以指示灯的颜色表示报警等级,用户可以通过分组指示灯的颜色,获知组内报警信息的最高等级,提高了报警信息的读取效率。采用手风琴式 UI 设计,便于快速折叠该区域,提高操作便捷性。点击参数选择区可以唤起参数选择器,滑动选择器选项可以选定查询组别。图 6(b)为信息展示区页面,可以展示具体报警信息,每个 PV 的背景颜色与报警等级对应,增加了辨识度。

4 结 论

HLS-II 作为用户装置,对运行性能有很高的要求。为了方便工作人员通过移动端来及时了解装置的运行状态,描述了 HLS-II 移动端数据查询系统的设计和开发过程。根据 HLS-II 的运行需求,将查询信息分为运行状态、实时数据、历史数据和报警信息 4 类。系统设计采用前后端分离的模式,在系统前端使用 lib-flexible 弹性布局方案和 postcss-pxtorem



Fig. 5 Historical data page
图 5 历史数据页面



(a) alarm information overview area



(b) information display area

Fig. 6 Alarm information pages

图 6 报警信息页面

插件,以适配不同种类的移动设备。测试表明,HLS-II 移动端数据查询系统的前端界面布局合理,信息更新流畅,操作直观方便,可满足工作人员及时掌握装置运行状态的需求。

参考文献:

- [1] Duckitt W, Abraham J. React automation studio: a new face to control large scientific equipment[C]//22nd Int Conf on Cyclotrons and Their Applications. 2019: 285-288.
- [2] D'Ottavio T, Dyer P S, Marr G J, et al. Creating interactive web pages for non-programmers[C]//Proceedings of the 16th Int Conf on Acc and Large Exp Physics Control Systems. 2017: 976-978.
- [3] Slominski R, Larrieu T L. Web extensible display manager[C]//Proceedings of the 16th International Conference on Accelerator and Large Experimental Physics Control Systems (ICALEPCS 2017). 2018: 1057-1062.
- [4] Wang L, Zhang Y, Chu P, et al. Compact electronic logbook system[C]//17th Int Conf on Acc and Large Exp Physics Control Systems. 2019: 611-613.
- [5] Shen G, Arnold N, Benes S, et al. High-level application architecture design for the APS upgrade[C]//17th Int Conf on Acc and Large Exp Physics Control Systems. 2019: 1436-1440.
- [6] Lv Huihui, Chu Chungming, Leng Yongbin, et al. Development of web-based parameter management system for SHINE[C]//Proceedings of the 17th Int Conf on Acc and Large Exp Physics Control Systems. 2019: 1478-1480.
- [7] Strangolino G. Cumbia: graphical libraries and formula plugin to combine and display data from TANGO, EPICS and more[C]//Proceedings of the 17th Int Conf on Acc and Large Exp Physics Control Systems. 2019: 971-975.
- [8] Chu P, Qiao Y S, Wang C H, et al. HEPS high-level software architecture plan[C]//Proceedings of the 9th International Particle Accelerator Conference. 2018: 1884-1887.
- [9] 张玉亮, 薛康佳, 郭凤琴, 等. CSNS加速器报警信息订阅发布平台设计[J]. *核电子学与探测技术*, 2019, 39(3): 363-367. (Zhang Yuliang, Xue Kangjia, Guo Fengqin, et al. Public account based alarm information pub/sub pattern system for CSNS accelerator facility[J]. *Nuclear Electronics & Detection Technology*, 2019, 39(3): 363-367)
- [10] Lin Yuzheng, Chuang J, Sheng I C, et al. Development of a task-oriented chatbot application for monitoring Taiwan photon source front-end system[C]//The 12th International Workshop on Personal Computers and Particle Accelerator Controls (PCaPAC 2018). 2019: 228-229.
- [11] Strangolino G. Cumbia-telegram-bot: use Cumbia and Telegram to read, monitor and receive alerts from the control systems[C]//17th Int Conf on Acc and Large Exp Physics Control Systems. 2019: 1441-1445.
- [12] Chen X, Song Y, Li C, et al. Alarm system of IRFEL at NSRL[C]//Proceedings of the 10th International Particle Accelerator Conference 19-24 May 2019. 2019: 3896-3899.
- [13] 文鹏权. HLS- II 历史数据查询与分析系统[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2016. (Wen Pengquan. The historical data query and analysis system for the HLS-II [D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2016)
- [14] Xie Z, Li C, Liu G, et al. Upgrade of the historical data query and analysis system for HLS- II [C]//10th Int Particle Accelerator Conf. 2019: 3928-3930.
- [15] 辛尚聪, 孙晓康, 李川, 等. 基于HBase的HLS- II 数据存档与检索系统开发[J]. *核技术*, 2020, 43(7): 29-33. (Xin Shangcong, Sun Xiaokang, Li Chuan, et al. Development of data archiving and retrieval system for HLS- II based on HBase[J]. *Nuclear Techniques*, 2020, 43(7): 29-33)