

基于 WebSocket 的桥梁结构变形实时监测系统设计

王丽红,王夏黎,曹晨洁,赵嘉兴

(长安大学 信息工程学院,陕西 西安 710064)

摘要:随着网络技术的发展,实时通信成为互联网领域的研究热点,如远程监控技术。常见的实时通信技术基本是由客户端主动发起请求,服务器端被动接受响应,此方式缺乏灵活性。WebSocket 技术是 HTML5 (HyperText Markup Language 5) 提供的一种全双工通讯的计算机通信协议,具有节约带宽,持久连接,实时性等特性,采用 WebSocket 技术的通信方案不仅能真正实现实时数据通信,还能提升服务器推送数据的能力。文中对 WebSocket 技术进行了分析与研究。同时,随着社会与经济的快速发展,桥梁工程建设进程和建设规模不断加大,对桥梁的施工建设和运营维护提出了更高要求,所以在此过程中获取桥梁结构变形实时数据并进行监测就尤为重要。为此采用 WebSocket 技术,设计了基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形远程实时监测系统,真正地实现了数据的实时交互,对桥梁施工现场及后期维护的远程监控更具可靠性与便捷性。

关键词:实时通信;WebSocket;桥梁结构变形;实时监测;远程监控

中图分类号:TP302

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2020)05-0132-05

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2020.05.025

Design of Real-time Monitoring System for Bridge Structure Deformation Based on WebSocket

WANG Li-hong, WANG Xia-li, CAO Chen-jie, ZHAO Jia-xing

(School of Information Engineering, Chang'an University, Xi'an 710064, China)

Abstract: With the development of network technology, real-time communication, such as remote monitoring technology, has become a research hotspot in the Internet field. The traditional real-time communication technology can only initiate HTTP requests by the client, and the server side accepts the response passively, which lacks flexibility. The WebSocket technology is a computer communication protocol provided by HyperText Markup Language5, which features bandwidth saving, persistent connection and real-time performance. The communication scheme using WebSocket technology can not only realize the real-time data communication, but also improve the ability of the server to push data. We analyze and study the WebSocket technology. At the same time, with the rapid development of society and economy, the process and scale of bridge construction are continuously increasing, which puts forward higher requirements for the construction and operation and maintenance of bridges. Therefore, it is particularly important to obtain real-time data of bridge structural deformation and monitor it in this process. For this reason, WebSocket technology is adopted to design the bridge structure deformation remote real-time monitoring system based on WebSocket technology, which truly realizes the real-time data interaction and makes the remote monitoring of bridge construction site and later maintenance more reliable and convenient.

Key words: real-time communication; WebSocket; bridge structure deformation; real-time monitoring; remote monitoring

0 引言

随着信息技术的飞速发展,互联网技术已覆盖生活中的各个领域。用服务器推送技术^[1-2]实施监控,能够使用户不需要安装应用程序,在有浏览器的电脑上直接进行实时监控,减轻了监控系统的维护成本。

HTTP 协议^[3]遵从在浏览器和服务器建立连接的

请求—响应模式。Ajax 轮询^[4]则遵循以固定时间间隔向浏览器发送请求的模式。此方式缺乏灵活性并且需要服务器具备快速处理速度。Comet 技术遵循 HTTP 长连接^[5]的通信特点。通常包括是长轮询 (Long Polling) 和 Iframe 流两种形式。这些技术最大的缺点就是需要由浏览器主动发出请求,不断建立连

收稿日期:2019-06-17

修回日期:2019-10-21

网络出版时间:2020-01-10

基金项目:国家自然科学基金(51678061)

作者简介:王丽红(1994-),女,硕士,研究方向为网站开发图像处理;王夏黎,博士,副教授,研究方向为图像处理与智能交通系统。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20200110.1121.028.html>

接并等待服务器处理。体现了服务器的被动性。同时浪费带宽和网络资源。WebSocket 技术使用基于浏览器-服务器的双向通信模式,浏览可以基于时间的方式与服务器实现真正的实时通信^[6]。

基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形远程实时监测系统^[7-8]可以对桥梁建设及后期维护中对桥梁数据进行远程实时监控、数据存储和历史查询。此系统实现了集远程化与网络化为一体的实时监控^[9]。

1 基于 WebSocket 的实时通信技术

1.1 相关实时通信技术

1.1.1 Ajax 轮询技术

Ajax 轮询技术^[10]采用不需验证服务器接收数据与否,而是使客户端定时向服务器发送请求并接收返回的响应的模式。该模式缺点为定时性,即浏览器-服务器之间的数据传输需定时,且 HTTP 请求可能包含较长的头部,需传输数据仅为全部数据的一部分。显然此通信方式会极大地浪费服务器的带宽和资源。

1.1.2 Long Polling 技术

基于以上缺陷,可采用 Ajax 的优化技术—Long Polling 技术。该技术旨在服务器添加了检验更新数据的功能,服务器只有得到新数据后才向客户端传输数据内容。否则会进入持续等待状态,若等待时间过长,客户端就会重新向客户端发送 HTTP 请求。这种连接方式虽然实现了服务端主动传输消息,但是仍然需要频繁发出请求。还是会存在服务器端浪费带宽和资源的问题。

1.1.3 基于 Iframe 的流方式

Iframe 是 HTML 中的标签,把它的属性设置为隐藏并且将它的 src 属性设置为对长连接的请求,然后服务器就可持续向客户端推送数据。其缺点为 IE 与 Firefox 底部进度条显示加载未完成,但 IE 中图表则显示加载正在进行,这会给用户一种正在加载的错觉。

1.1.4 SSE 技术

SSE(server sent events)的通信原理和基于 Iframe 实时通信技术相似。服务器端的响应内容类型必须为“text/event-stream”,当连接建立之后,服务端就能够不断向服务器端推送数据。然而这种技术并不是很好地支持 IE 浏览器,使用具有局限性。只能服务器-浏览器单向发送数据。

1.2 基于 WebSocket 的实时通信技术

1.2.1 WebSocket 协议概述

WebSocket 协议是在 TCP 协议基础上发展起来的一种新网络协议。在建立连接时,客户端向服务器发起包含升级为 ws 协议附加头信息的“握手”HTTP 请求。服务器在解析完头信息后,将信息响应给客户端,

只要“握手”操作完成并成功,就表明 WebSocket 连接就被成功建立,连接后只有客户端或者服务器其中的一方关闭,连接才会被断开,否则双方就持续交互。

1.2.2 WebSocket 工作原理

WebSocket 协议建立连接步骤如下:

(1) WebSocket 客户端发送 HTTP 升级请求。

WebSocket 客户端发起“握手”请求到服务器。定义 URI:

ws-URI=ws://127.0.0.1:8080/

具体客户端握手消息如图 1 所示,其中 Connection: Upgrade 表示该请求为协议升级请求; Upgrade: WebSocket 表示升级到 WebSocket 协议, Sec-WebSocket-Key 用来验证 WebSocket 连接是否有效。

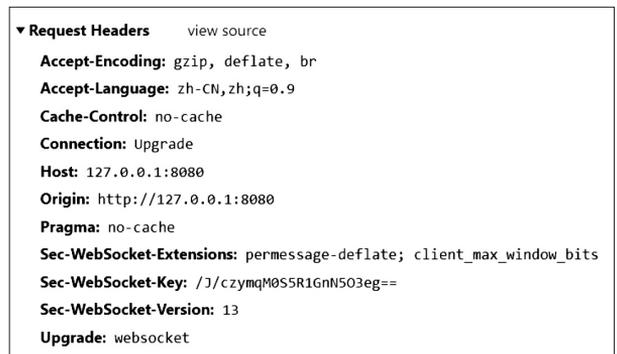


图 1 WebSocket 客户端握手消息

(2) 服务器接收服务端握手信息,并发送服务器打开握手的信息。

服务器通过请求的头部信息确定是否为 WebSocket 请求。并通过规定算法将 Sec-WebSocket-Key 的信息生成新字符串序列,然后把它写入 Sec-WebSocket-Accept 内。具体 WebSocket 服务器响应如图 2 所示。



图 2 WebSocket 服务器响应消息

(3) 客户端验证服务器的响应。

客户端收到服务器响应后,验证服务器是否收到协议升级请求,并返回握手应答报文。

只要 WebSocket 连接建立,就会启动全双工通信,客户端和服务器就可以实时地向对方发送消息,直到某一方关闭连接。WebSocket 通信模型如图 3 所示。

WebSocket 技术通过升级协议,不用发送大量头部信息,轻量且速度快。真正地双向通信,减少了不必要的开销,该方案大大提高了通信的实时性。

总结以上几种实时通信技术,其特性如表 1 所示。

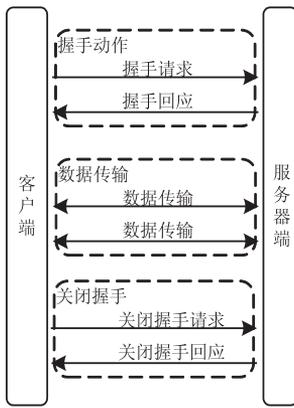


图 3 WebSocket 模型通信原理

表 1 几种实时通信方式比较

通信技术	建立连接次数	优点	缺点	使用场景
Ajax	固定时间间隔建立连接	支持局部刷新	需要主动请求,浪费带宽	网页实时性要求不高的信息交互
Long Polling	事件更新传输完重新建立连接	请求次数少	需要主动请求,浪费带宽	数据经常更新的实时信息交互
流技术	事件关闭和超时重新建立连接	请求次数少	长连接时间不可过长	一定时间段内的网页实时信息交互
WebSocket	只需建立一次连接	服务器主动推送	老旧浏览器不支持	网页长久实时信息交互

从表 1 可以看出,WebSocket 在传输数据时只需一次连接建立,并且可以实现网页中长久实时信息的交互。在实时通信技术中有很大的优势。

随着桥梁规模及建设速度的提升,随之发生的安全事故也层出不穷,桥梁的变形监测尤其重要。基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形实时监测系统,可以在有网络的情况下,随时随地实时监测桥梁结构变形数据情况并对桥梁健康状况进行评估,从而实时智能地对桥梁故障进行诊断和维护。这对桥梁的正确施工和后期桥梁的健康状况监测具有重要作用。

2 系统设计

在桥梁的建设过程中,桥梁的准确施工关系着整个桥梁施工质量以及施工成本,后期桥梁的安全性更关系着整个道路的畅通。因此,对桥梁结构变形进行实时监测在确保桥梁正确施工以及确定及时有效的维护养护方案等方面显得尤为重要。

随着监测技术的不断提升,桥梁结构变形实时监测的方法也越来越多。如传感器技术监测、GPS 技术监测、三维激光扫描技术监测等,然而这些桥梁远程监

测监控系统基本采用软件式开发。文中从便捷的角度出发,提前获取到桥梁结构变形监测数据,设计了基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形实时监测系统,并加以实现,此系统在有网络的前提下可对桥梁结构变形情况实时监测、桥梁健康及时评估及对桥梁故障实时诊断和维护。对桥梁的正确施工和后期桥梁的健康状况监测具有重要作用。

该系统前端页面开发设计,引入 Echarts 图表库,结合以 Json 为数据传输格式的 WebSocket 技术,同步获取 WebSocket 客户端数据,图形化展示数据,通过界面实现用户数据良好交互。

2.1 系统设计

完整的监控系统需要考虑的特性包括数据的可靠性、实时性、安全性和完整性等。实时性即监控系统对数据无延迟的及时传输,避免了难以发现及时数据异常的问题。数据的完整性即接收到的桥梁数据不能有丢失。否则数据的完整性不能保障。如果监控系统的上述特性无法得到保障,那么现场监控也就失去了实际价值。

此监测系统主要包括:数据实时采集,数据处理,数据传输、显示和存储等功能。

此监测系统由数据接收器、连接器、Web 服务器和浏览器 4 部分构成。基本过程如图 4 所示。Grpc 服务端负责实时接收桥梁数据并对数据进行初步的处理和存储,然后所有客户端接收 WebSocket 服务端发送的数据,并利用网页中的 JavaScript 对数据进行简单处理,最后使用图库表 Echarts 展示数据。



图 4 监控系统流程

2.2 系统关键技术

2.2.1 Grpc 通信

采用 HTTP/2 协议,用 ProtoBuf 作为序列化工具的 Grpc 框架^[11]是由 Google 开发。其客户端和服务端都提供多种语言接口。该框架是先在 proto 文件里定义一个 service,指定被远程调用的方法,然后在 Grpc 服务端重写接口函数并且处理客户端调用。它最大的优势就是采用 ProtoBuf 协议,将 proto 类型文件生成所需程序,简单易用。

2.2.2 Echarts

由 JS(JavaScript)开发的 Echarts^[12] 图库表,可以通过数据动态变化来驱动图表改变,考虑到移动端的显示,使用代码重构,使得 Echarts 库体积较小。本项目桥梁监测数据即使用 Echarts 实现数据的图形化显

示,只要 WebSocket 服务器发送数据,就会刷新界面,更新图表信息。

2.2.3 Django 框架

Django 框架^[13]采用 MTV 模式即模型—模板—视图模式,“M”为“Model”、“T”为“Templates”、“V”为“Views”。使用该模式可对系统内组件的耦合关系进行控制,使得各个组件之间互不影响。同时 Django 提供的 ORM 机制方便用户定义所需数据模型,降低了对数据库开发的编程压力。

2.3 系统详细设计

基于对系统平台的需求分析,文中对基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形远程实时监测系统^[14-15]进行详细设计,将此系统分为五个模块:数据采集模块、数据存储模块、实时监控模块、历史记录查询模块、用户管理模块。

2.4 系统实现

基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形实时监测系统^[16]的实现也分为五个模块,其中在数据采集模块采用 Grpc 通信技术,在实时监控模块采用 WebSocket 技术完成对数据的实时交互。

(1) 数据采集模块。

数据采集模块即开启 gRPC 服务端后,只要有远程 Grpc 客户端启动,数据便开始传输,服务端接收数据并按照规定编码方式进行解码,数据采集过程完成。

(2) 数据存储模块。

数据存储模块即 gRPC 提取到数据后,对数据进行简单处理后,连接数据库,存入数据库。

(3) 实时监控模块。

在此系统^[17]中,gRPC 模块嵌入到 Django 框架,当项目启动后,gRPC 服务端启动,此时将 gRPC 接收的数据进行简单处理后存储到数据库的同时,传入到 WebSocket 服务端,WebSocket 服务端会主动将数据传输到页面的 WebSocket 客户端,再通过 Echarts 展示数据的变化情况。同时可以查看项目初次建立时的图片信息,也可以查询当数据超过设定的阈值异常后的图像信息。

(4) 历史记录查询模块。

历史记录查询模块主要是通过选择项目,任务,时间等条件,连接数据库,通过 Echarts 可视化方法来展示此项目在这段时间内的数据变化。

(5) 用户管理模块。

用户管理模块使得管理员可增删查改用户,用户也可自行修改信息等。

3 系统测试

3.1 功能测试

对系统的功能模块进行测试,模块正常运行,已达预期效果。系统主要功能的测试结果如表 2 所示。

表 2 系统主要功能测试结果

序号	操作	预期结果	测试结果
1	用户登录	用户登录成功	符合预期
2	用户退出	退出成功,跳转到登录页面	符合预期
3	用户管理系统	管理员能正常管理用户	符合预期
4	数据采集	数据采集成功并传输到监控页面	符合预期
5	数据存储	数据成功存储到数据库	符合预期
6	点击监控	页面能正常显示采集数据	符合预期
7	点击历史查询	输入查询条件正常显示数据信息	符合预期

3.2 性能测试

3.2.1 测试指标

在多用户同时进行数据监控时,整体系统多方面的性能指标,重点描述下述几个方面:

Vuser 图:虚拟情况下的用户数,拟说明各网站能够同时支持的并发用户数。

Throughput 图:吞吐量图,显示方案运行中服务器的吞吐量。吞吐量的单位为字节/秒。反映了网站服务器的数据传输能力。

WebSocket Statistics 图:WebSocket 静态图,显示方案运行时 WebSocket 服务器接收及发送的数据量。

3.2.2 测试方法

在系统性能的监测层面,借助 LoadRunner12 来组

件网站的仿真性测验。依次选择具备代表性的模块开展具体的加压,依照所有模块的实际运用人数,来对网站开展仿真性的测验,以借助该措施来发现系统性能方面的缺陷,并对系统做出进一步的改善。

3.2.3 测试结果

经过性能测试,发现通过 50 个用户对系统进行循环迭代 20 分钟周期内访问,Vuser 用户在测试期间的每一秒都正常运行和退出成功,如图 5 所示。Vuser 在每一秒内从服务器获得的数据量达到 140 000 字节,反映了网站网络带宽的处理能力业务较强,如图 6 所示。WebSocket 客户端接收和发送的字节数都和实际相符,如图 7 所示。本次测试结果满足本次项目设计要求。

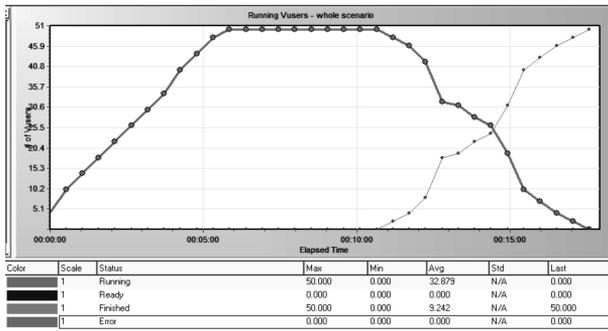


图5 Vuser图

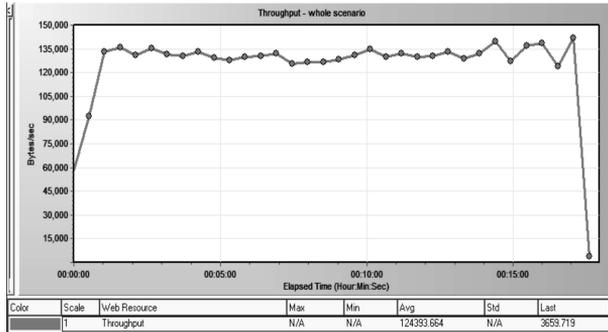


图6 Throughput图

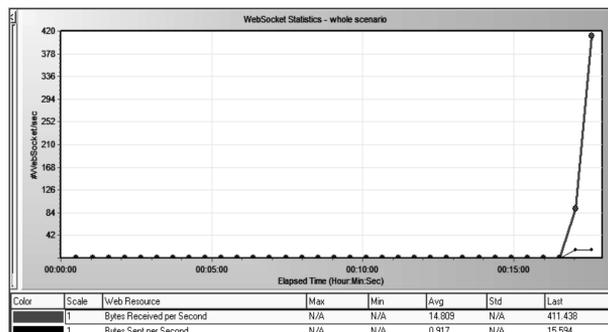


图7 WebSocket Statistics图

4 结束语

对常用的几种实时通信技术的通信原理进行了剖析,对基于 WebSocket 协议的实时通信技术进行了重点分析,通过案例分析、技术比较,WebSocket 技术优势明显,所以选用 WebSocket 技术实现了基于 WebSocket 技术的桥梁结构变形实时监测系统,编写测试用例,采用 loadrunner 工具进行网站性能测试,经过多次的测试和丰富的用例,测试结果显示 WebSocket 技术达到了预期效果。此系统通过对桥梁结构变形实时监控产生的数据进行展示与分析,及时发现桥梁异

常情况,大大发挥监控平台的作用,减少了因桥梁结构变形而造成的经济损失,达到了实时监控的目的。

参考文献:

- [1] 薛真真. 基于服务器推送和事件流处理技术的实时 Web 系统研究[D]. 杭州:浙江大学,2008.
- [2] 廖清平. 基于 Web 的服务器的 Push 技术研究和应用[D]. 广州:中山大学,2013.
- [3] LEE T B, FIELDING R, FRYSTYK H. Hypertext transfer protocol--HTTP/1.0, RFC 1945[S]. [s.l.]: Internet Engineering Task Force, 1996.
- [4] 游丽贞,郭宇春,李纯喜. Ajax 引擎的原理和应用[J]. 微计算机信息,2006,22(2-3):205-207.
- [5] 杨文婷. 基于 HTTP 长连接的消息推送平台的研究与实现[D]. 武汉:华中科技大学,2012.
- [6] 胡洋洋. 基于 WebSocket 的服务器推送技术的研究与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2018.
- [7] 张勇,刘国清,王景涛. 无人值守桥梁监测系统设计[J]. 智能城市,2018,4(20):52-53.
- [8] 耿方,朱晓民,李炜. 基于 Web 的实时监控系统的研究与实现[J]. 电信工程技术与标准化,2011,24(11):75-79.
- [9] 杨春. 变形监测系统的开发和在桥梁监测中的应用[J]. 上海公路,2018(S1):50-52.
- [10] 郑强. web 服务器推送技术的设计与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2012.
- [11] LAKTINEH I. Development of a semi-digital hadronic calorimeter using GRPC[J]. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 2010, 623:231-233.
- [12] 杨娇,陈强,王加宾,等. 基于 Echarts 的地铁屏蔽门数据监控系统的实现[J]. 智能计算机与应用,2018,8(4):144-148.
- [13] MOORE D, WILLIAM B R. Professional Python frameworks: Web 2.0 programming with Django and Turbogears[M]. USA: Wiley Publishing, Inc., 2007.
- [14] 王明松,刘珍利,汤宇. 基于 Django 的高校医院体检信息管理系统设计[J]. 科技视界,2018(30):105-106.
- [15] 周君,贾昆霖,蓝机满,等. 基于 Django 框架的智能图书推荐系统[J]. 电子科技,2018,31(12):78-80.
- [16] 胡珺. 桥梁结构健康监测数据管理系统设计与实现[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [17] 王明月. 能源在线实时监测系统的研究与设计[D]. 北京:华北电力大学,2018.