

# 基于 LabVIEW 和云数据库存储的远程测试系统设计

陈硕章 刘海斌 王春晖 薛勇超 周求湛

(吉林大学通信工程学院 长春 130022)

**摘要:**基于 LabVIEW 强大的数据采集能力和云数据库存储,建立一种测试数据网络传输与远程控制系统。详细介绍了云数据库的建立过程,利用丰富的字段设计出了可读性强、效率性高的数据表,借助 LabSQL 开发出控制中心与客户端,并利用 LabVIEW 进行数据库压力测试,提供出了一种基于分布式传感原理的信息分类存储和即时调用的解决方案。该方案能够使开发人员快速建立数据库,提高产品研发效率,同时可以方便对系统使用人员进行管理,以及对数据库中传感器信息进行检索查阅。该方案对于生产生活具有实际的指导意义。

**关键词:**LabVIEW;数据库;远程传输与控制;云存储

**中图分类号:** TN98      **文献标识码:** A      **国家标准学科分类代码:** 510.4030

## Design of remote test system based on LabVIEW and cloud storage database

Chen Shuozhang Liu Haibin Wang Chunhui Xue Yongchao Zhou Qiuzhan

(College of Communication Engineering, Jilin University, Changchun 130022, China)

**Abstract:** Based on LabVIEW's powerful ability of data acquisition and remote database, we establish a data network transmission and remote control system. This paper introduces the cloud database establishment in detail, designing data tables with strong readability and high efficiency by using the rich field, using LabSQL to develop control center and client, and using LabVIEW to carry out the database stress test. Finally, it provides a solution based on the distributed sensing principle of information classification storage and immediate call. This design enables developers to build a database quickly, and improve the efficiency of product development, and it is convenient to manage system users, as well as the sensor information database for searching. This design has practical guiding significance for production and life.

**Keywords:** LabVIEW; database; remote transmission and control; cloud storage

### 1 引言

近年来,随着物联网技术的发展和云数据库理论的不完善,对于大量通信节点的实时控制和传感器相关数据的存储的需求日益提高<sup>[1-2]</sup>。

本文以北方地区供暖问题为背景,设计出一种远程监控、调节暖气温度的数据控制系统。

目前解决类似问题的方案有很多种,例如下面两例:

1) 准危重病病人的区域化无线监护系统,此方案中由于数据缓存区的限制在无线节点多时,数据库吞吐量较大,会有较大的延迟<sup>[3]</sup>。2) 锤击响应的固有频率在线检测系统<sup>[4]</sup>,该系统数据库利用不够充分,实验结果不能及时存入数据

库,试验次数较多时难以与历史数据进行对比。鉴于以上情况,如何设计服务器架构,使数据存取更快,控制更便捷,应对大量通信节点能力更突出,成为了一个至关重要的问题。为此,本文以多节点温度控制系统为背景,结合分布式传感技术,利用 LabVIEW 强大的编程能力,依托 ADO 语言、LabSQL,对 MySQL 数据库进行配置与调用<sup>[5]</sup>。经测试本系统在承受较高数据库访问量时,数据存储仍然高效可靠,服务器延迟较小。

LabVIEW 作为一种软件开发设计环境,用图形化的可视化编程语言(称为 G 语言)进行快速编程。该软件降低了应用程序的开发时间并为数据采集系统、软件模拟电子、嵌入式、实时控制提供了很大的方便<sup>[6]</sup>。

## 2 系统架构总体设计

系统结构如图1所示。

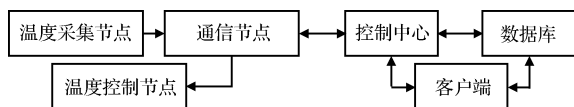


图1 系统结构

其中,控制中心基于 LabVIEW 编写的程序端对通信节点发送的数据进行分类整理并保存到数据库,在有需要时以备调用<sup>[7]</sup>。而通信节点、控制中心、数据库与客户端之间则借助 TCP/IP 协议进行通信。控制中心与数据库采取分布式的方案,有效的提高数据库的写入和检索的效率,相应减轻服务器的压力,另一方面也使信息更加的安全<sup>[8]</sup>,当控制中心故障时不会损坏数据库的数据。

## 3 数据库的建立

数据库依托开源关系型数据库 MySQL 建立,采用多表的数据存储方式,提高数据的读取速度和数据系统灵活性<sup>[7]</sup>。数据库的主要关系结构如图2所示。

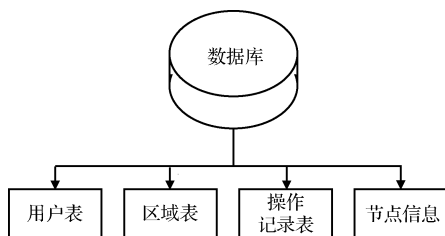


图2 数据库关系结构图

主要包括用户表、区域表、操作记录、节点信息4类表。数据库采用GBK字符集存储信息,在下文3.1节表的设计和字段说明中对各字段详细设置进行说明。对于节点信息,有2个方案:1)选用多个表格按照节点个数建立表格的方式,将各个节点信息独立存放;2)建立一个表格,将所有信息集中存放。多表格存放时检索效率会更高,但是节点数量较多时数据库的结构关系会过于复杂。本文中以第2种方案为例进行介绍。

### 3.1 表的设计和字段说明

表的字段设计关系到存储信息是否全面,表的数量直接影响数据库的检索速度,也会影响表的可拓展性。一个优秀的数据库应该包含合理数量的表格和准确的字段设计。本数据库基于以上理念,建立如下4类表格:用户表(user)、区域表(area table)、操作记录(operation record)、节点信息(node information)。

用户表(user)主要包含6个字段:ID、username、password、root、time、buildtime。

用户表(iser)各字段约束条件如表1所示。

表1 user table 约束条件

| 名         | 数据类型     | 长度 | 主键 |
|-----------|----------|----|----|
| ID        | Int      | 10 | 是  |
| username  | Varchar  | 16 | 是  |
| password  | Varchar  | 32 | —  |
| root      | Int      | —  | —  |
| time      | Timetamp | —  | —  |
| Buildtime | Timetamp | —  | —  |

其中,ID 为自增属性,ID 和 username 均为唯一属性。此表主要用来记录用户账户信息和管理权限(root),以及注册和最后修改时间等参数。其中通过用户名和密码来核实登录人身份;root 字段,即管理权限等级,用以确定登录人的可操作范围。详细的权限确定会在本文3.2节数据库中管理权限的分级中做详细的介绍。

区域表(area table)各字段约束条件如表2所示。

表2 area table 字段约束条件

| 名        | 数据类型      | 长度 | 主键 |
|----------|-----------|----|----|
| ID       | Int       | 10 | 是  |
| 节点编号     | Int       | 11 | —  |
| 区域编号     | Int       | 5  | —  |
| username | varchar   | 16 | —  |
| 最后修改时间   | timestamp | —  | —  |

其中,ID 为自增且唯一属性。此表用来存放节点所属区域及管理信息。在需要对节点进行管理时,首先查询表 user 获取权限等级,核对用户是否拥有全部权限。权限较低时,查询该表,确定是否有当前节点管理权限。此表也是为了方便查询节点的区域信息,以确定节点位置。例如根据某节点数据发现温度出现异常时,查询该表获得所属区域,可以更快速地找到故障位置,进行故障的排除。

操作记录(operation record)各字段约束条件如表3所示。

表3 operation record 字段约束条件

| 名        | 数据类型      | 长度 | 主键 |
|----------|-----------|----|----|
| ID       | Int       | 10 | 是  |
| 节点编号     | Int       | 11 | —  |
| 限制温度     | Int       | 2  | —  |
| username | varchar   | 16 | —  |
| 修改时间     | timestamp | —  | —  |

其中, ID 为自增且唯一属性。这里的限制温度, 是指操作记录表主要用来存放管理人员对节点温度控制进行操作的事件记录, 方便更高权限的管理人员, 对于节点控制次数进行统计, 对节点温度进行实时的监控, 也可以直接看到执行该控制指令的操作人信息。

节点信息 (node information) 各字段约束条件如表 4 所示。

表 4 node information 字段约束条件

| 名    | 数据类型      | 长度 | 主键 |
|------|-----------|----|----|
| ID   | int       | 10 | 是  |
| 节点编号 | int       | 11 | —  |
| 所属区域 | int       | 5  | —  |
| 节点温度 | Int       | 3  | —  |
| 登记时间 | timestamp | —  | —  |

其中, ID 为自增且唯一属性。该表用来存放通信节点发送到控制中心的温度, 用以对各个节点的温度变化进行记录, 方便总结温度变化规律, 以便对整个供暖系统进行调整。

### 3.2 数据库中管理权限的分级

根据区域、节点等内容, 将用户权限由低到高分为如下 5 个等级: 浏览权限用户、节点管理员、单区域管理员、多区域管理员、超级管理员。下面对于各个等级的权限进行详细的说明:

1) 浏览权限用户: 此类用户权限等级用“1”代表, 仅限浏览数据库中的数据, 不能对数据库中的数据进行修改, 例如暖气温度控制系统中对于温度的监控。

2) 节点管理员: 该类账户可以管理所辖的一个或者多个节点的信息, 权限等级用“3”来代表。具体权限有如下 3 条: ①建立浏览权限用户, 主要用于在需要监控温度而不能给与控制权限时的权限分享, 创建出的该类账户只有浏览数据库的权利; ②浏览数据库中仅所辖节点的状态信息; ③控制所辖节点的温度。

3) 单区域管理员: 该类账户可以管理单个区域的所有节点, 权限等级用“5”来代表, 具体权限如下: ①在需要时, 创建浏览权限用户与节点管理员用户; ②获取所辖区域所有节点的状态信息; ③控制所辖节点温度; ④删除所创建浏览权限用户与管理用户<sup>[9]</sup>。

4) 多区域管理员: 该类账户管理多个区域, 权限等级用“7”来代表, 具体权限如下: ①创建权限等级 7 以下的任意账户; ②所辖区域为多个区域的所有节点, 获取多个区域的全部节点状态; ③控制所辖节点温度。

5) 超级管理员: 该类账户管理整个服务器, 能够修改数据库中的任意数据, 权限等级为“9”, 可以创建权限等级“9”以下的任意账户, 并对所有区域进行调度分配。

### 3.3 LabSQL 的介绍及数据源 (ODBC) 设置

LabSQL 是一个跨平台、免费、多数据库支持的 LabVIEW 数据库 VI 访问包。它支持 Windows 系统中基于数据源 (ODBC) 的所有数据库, 包括 SQL Server、Oracle、Access 等。使用时, 仅需进行简单的 LabVIEW 编程并对数据源 (ODBC) 进行配置, 就可以完成对数据库的访问。

由于 LabSQL 通过数据源 (ODBC) 与数据库之间进行连接, 因此需要在数据源 (ODBC) 中创建一个用户 DSN, 即 Data Source Name 数据源名称<sup>[10]</sup>。本文提供两种配置方案。

1) 通过可视化窗口配置数据源。

①下载并安装 MySQL ODBC Driver

②开始菜单>控制面板(所有控制面板项)>管理工具>数据源 (ODBC)>用户 DSN>添加>选择 MySQL ODBC Driver 出现如图 3 所示窗口。

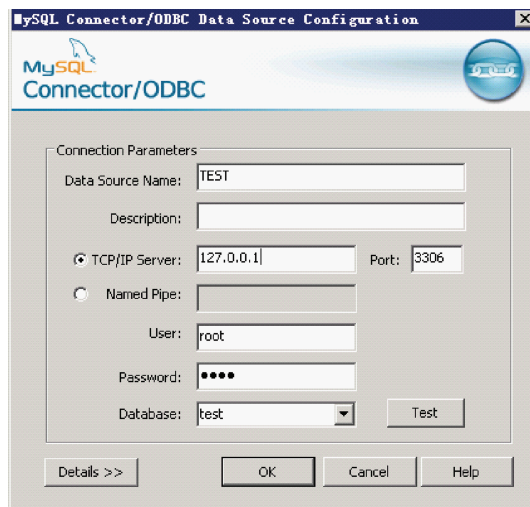


图 3 MySQL ODBC Driver

③输入 DSN, 配置 IP 和端口, 输入正确的用户名和密码之后, 点击 test, 当提示连接成功时, 在 Database 的下拉菜单中选择所要连接的数据库名, 点击 OK 关闭此界面, 点击应用即完成配置。

2) 利用批处理配置数据源 (ODBC)

安装 MySQL ODBC Driver, 并新建文本文档, 重命名为 ODBC, 假设所需配置数据库 DSN 为 TEST, 地址为: 127.0.0.1:3306, 用户名和密码均为 root, 数据库名称为: test 时, 直接粘贴下方代码到文档中:

```
@delODBC.VBS>nul&.@if "%1"=="@"more +2
%0 > %~dp0ODBC.VBS&startcontrolodbc32.
cpl&.&startODBC.VBS&goto: eof) SetWshShell =
WScript.CreateObject("WScript.Shell")
WScript.Sleep 300
WshShell.SendKeys "{TAB 7}"
```

```

WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "%d"
WScript.Sleep 300
WshShell.SendKeys "{ENTER}"
WScript.Sleep 300
WshShell.SendKeys "TEST"      rem DSN
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "{TAB 3}"
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "127.0.0.1" rem 数据库地址
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "{TAB}"
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "3306"      rem 数据端口
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "{TAB}"
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "root"      rem 数据库用户名
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "{TAB}"
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "root"      rem 密码
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "{TAB}"
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "test"      rem 数据库名称
WScript.Sleep 500
WshShell.SendKeys "{TAB}"
WScript.Sleep 300
WshShell.SendKeys "{ENTER}"
WScript.Sleep 300
WshShell.SendKeys "{ENTER}"

```

完成上述操作后,将文本文档.txt 后缀改为.bat,双击运行,停止操作,等候约 20 s,即可完成对数据源(ODBC)的配置。

#### 4 模块化 VI 设计

整个系统,采用模块化的 VI 设计理念,每个子 VI 只实现一项简单的功能,使得系统结构清晰,程序执行效率更高。而模块化的系统设计,对于系统后续升级也有极大的便利性。

##### 4.1 数据库相关 VI 设计

数据库相关的 VI 主要分为两类,存取和修改。在这里选择几个具有代表性的 VI 进行介绍:1)数据库查询;2)用户名密码比对;3)新建用户;4)修改信息。

##### 1)数据库查询

打开 LabVIEW 函数选板,依次选取 LabSQL 的 ADO Connection Create、ADO Connection Open、SQL Execute、ADO Connection Close,组成整个 VI 的运行框架。在 ADO Connection Open 的 ConnectionString 输入端,创建输入控件,在创建的输入控件中输入“DSN=TEST;”,并把当前值设为默认。在 SQL Execute 中 Command TEXT 输入端选择字符串选板的连接字符串,将“SELECT \* FROM user WHERE username like 'test1';”语句,进行分割与拼接。在 SQL Execute 中 Command Result 输出端,建立多次的数组索引以得到所需的各个字段信息。切换到前面板,选择各个接线端,将 VI 封装,图标命名为“查询数据”。最终 LabVIEW 程序如图 4 所示。

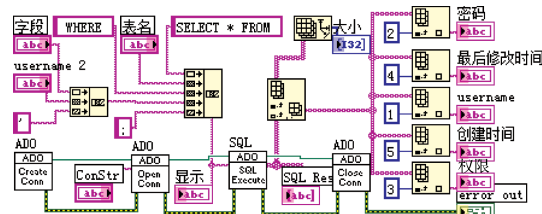


图 4 数据库查询

##### 2)用户名密码比对

利用上文中封装的“查询数据”VI,键入用户名查询密码,并用比较选板中的判断相等函数,与输入的密码进行比较,输出布尔量。切换到前面板,将 VI 进行封装,图标设置为“密码比对”。程序如图 5 所示。

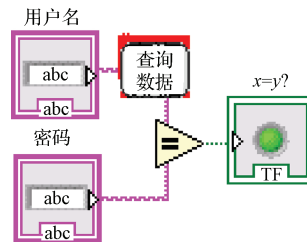


图 5 密码比对

##### 3)新建用户

LabVIEW 的程序如图 6 所示。

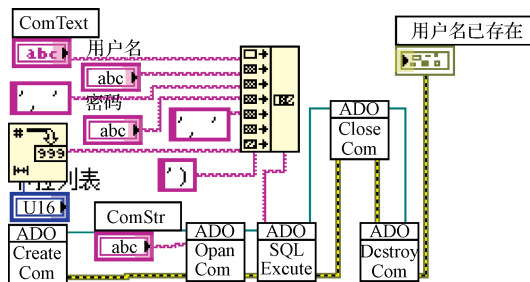


图 6 新建用户

这个程序与查询数据类似,只是将 ADO 语句替换为 insert 语句。

#### 4) 修改用户

此 VI 较为复杂,采用循环嵌套事件结构的方法,将修改内容逐条发送到数据库中<sup>[11-12]</sup>。其中主要的 LabVIEW 程序如图 7 所示。

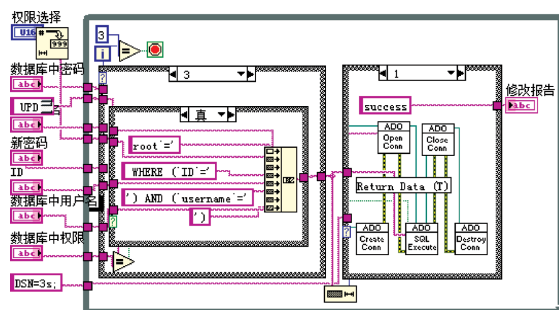


图 7 修改用户

### 4.2 网络传输相关 VI 设计

系统选用 TCP/IP 作为网络间的信息传输协议, TCP/IP 相关函数位于函数>数据通信>协议>TCP 中。

如图 8 所示为 TCP/IP 协议的接收程序。在暖气调节阀远程控制系统这一背景下,接收的信息应该至少包含区域、节点 ID、当前温度 3 个信息,在这里,根据数据库中的字长定义,区域为 5 位整数,节点 ID 为 11 位整数,温度为 3 位整数,则字符串长度最少为 19 位。图 8 即为实现每次接收字符串长度为 19 的 VI。

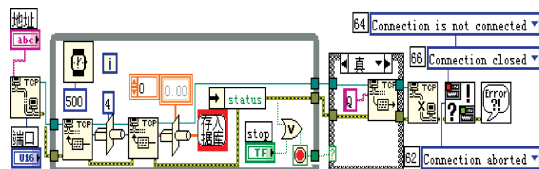


图 8 接收数据

由于还需要对温度进行控制,基于 TCP/IP 的字符串发送 VI 也是必不可少的。同样的仍然需要发送长度为 19 位的字符串,如图 9 所示为数据的发送程序。调试完成后,将 VI 进行打包。

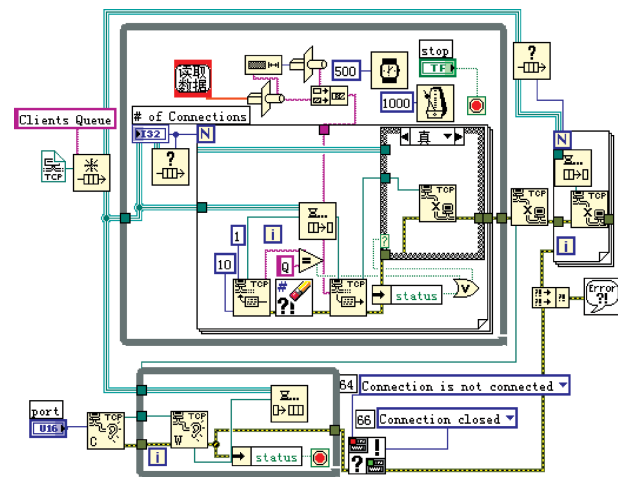


图 9 发送数据

### 5 控制中心与客户端设计

利用基于虚拟仪器技术的图形化编程语言, LabVIEW 程序性能稳定、运行速度快,人机交互界面简洁明了<sup>[13]</sup>。在该系统中,控制中心和客户端均使用 LabVIEW 进行编程设计。

#### 5.1 控制中心

控制中心在本方案中具备以下功能:

- 1) 从通信节点接收数据
- 2) 向控制节点发送数据
- 3) 将数据分类并存入数据库
- 4) 从数据库中读取相关数据

控制中心的工作流程如图 10 所示。

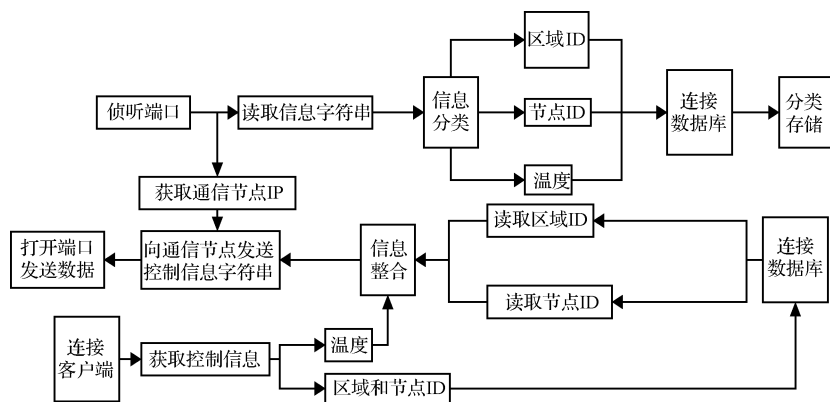


图 10 控制中心工作流程

#### 5.2 客户端

客户端在本设计中具备的功能有:

- 1) 登陆系统
- 2) 从数据库获取所辖节点当前温度

- 3)向控制中心发送控制信息
- 4)高权限等级用户创建低权限用户
- 5)删除或修改数据库中的信息

根据所需功能,调用封装完成的子VI实现相应功能。最后将程序封装成可执行文件就完成了客户端软件的设计。

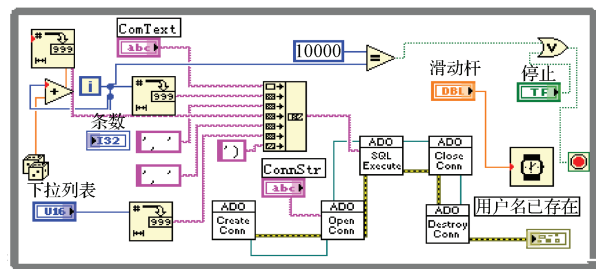
### 5.3 系统测试

为避免工作过程中由于服务器数据流量太大出现宕机,对控制中心与数据库进行多用户请求模拟,测试出服务器所能承受的最大单次键入数据,当用户请求超过此数值时,设定服务器停止接受请求。

在软件测试领域,软件测试的流程按照模型分为H模型、W模型、V模型3种流程<sup>[14]</sup>。根据不同的需求,可以进行不同的流程反复测试。利用LabVIEW进行编程,创建循环注册程序,通过调节循环延时改变注册速度,对数据库进行不同程度的压力测试。前面板与程序如图12(a)、(b)所示。



(a) 数据库压力测试前面板



(b) 数据库压力测试

图12 数据库压力测试前面板与程序示意

在1核心1Mbps与4核心100Mbps的两种服务器配置下,利用图12(b)所示程序,经过多次反复的测试,得到数据库压力的测试结果,如图13所示。

其中,横轴为同时键入数据库内容条数,纵轴为失败率。可以发现当1核心1Mbps在5000次之前失败条数均为0。在5000次之后开始出现键入失败的情况,若采用这种配置,则该系统可支持最大节点数量为5000节点。由于数据库能够同时键入的条数有限,当超过一定数值时失败率会越来越高。数据库存取失败率过高时,应当通过升级服务器配置来解决。而在4核心带宽为100Mbps时,由于配置的大幅度提升,数据键入失败的情况消失,完全满足10000节点的测试系统。

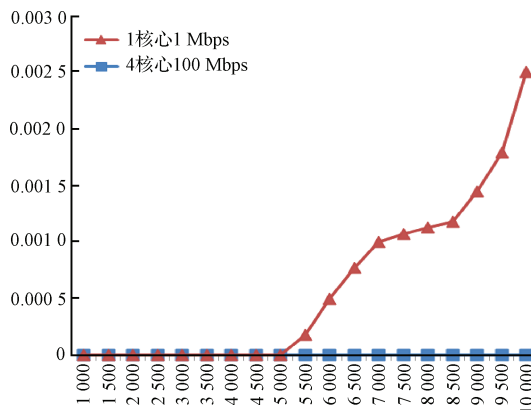


图13 数据库压力测试结果

## 6 结 论

本文详细的介绍了基于LabVIEW和云数据库存储的远程测试系统设计,对于其中数据库和应用程序的设计进行了大量的举例和说明,给出了较为完善的系统建立方案。对于系统的稳定性也做了一定的测试,实现了暖气调节远程控制与管理,方案经验证具有实际应用意义。

### 参 考 文 献

- [1] ZHAN Y J, MA SH CH, ZHUANG T, et al. Research on network integration technology of observation stations[J]. Instrumentation, 2015, 2(3): 35-42.
- [2] 解小建, 张峻, 张大伟. 基于RFID的测试采集结果信息传输设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(1): 99-104.
- [3] 张大伟, 陈佳品, 冯洁, 等. 面向准危重病病人的区域化无线监护系统研制[J]. 仪器仪表学报, 2014, 35(1): 74-81.
- [4] 褚志刚, 陈涛, 吴洋俊, 等. 基于锤击响应的固有频率在线检测系统开发[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(11): 1614-1620.
- [5] 秘晓元, 张彦斌, 薛德庆, 等. LabVIEW中利用LabSQL对数据库访问技术的探讨[J]. 自动化与仪器仪表, 2004(6): 54-56.
- [6] LUNA-MORENO D, ESPINOSA SÁNCHEZ Y M, DE PONCE Y P, et al. Virtual instrumentation in LabVIEW for multiple optical characterizations on the same opto-mechanical system[J]. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2015, 126(19): 1923-1929.
- [7] YU Y, ZHANG Y, YUAN X, et al. A LabVIEW-based real-time measurement system for polarization detection and calibration [J]. Optik-International Journal for Light and Electron Optics, 2014, 125(125): 2256-2260.

(下转第81页)

### 参考文献

- [1] 刘岩俊. 基于 DSP 的嵌入式温度测量系统设计与实现[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(12): 78-81.
- [2] 黄强, 腾召胜, 唐享, 等. 电子分析天平温度漂移补偿算法研究[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(9): 1987-1995.
- [3] CHEN G Y, DU L B, HE H J, etc. Research on key techniques of expendable conductivity temperature depth measuring system[J]. Instrumentation, 2015, 1(2): 18-27.
- [4] 刘明亮, 朱江森. 数字信号处理对电子测量与仪器的影响研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2014, 28(10): 1041-1046.
- [5] 方益喜, 雷开卓, 屈健康, 等. 基于 PT1000 的高精度温度测量系统[J]. 电子设计工程, 2010, 18(10): 79-82.
- [6] 李云辉, 王晓东, 朱晓明. 基于 NTC 的非平衡桥式测温电路的误差分析[J]. 电子测量技术, 2015, 38(11): 51-54.
- [7] 李纪莲, 曹聚亮, 张开东. 航空重力测量应用中高精度

测温电路精度研究[J]. 测试技术学报, 2010, 24(2): 128-132.

- [8] 王永成, 党源源, 徐抒岩, 等. 容差分析在空间光学遥感器测温电路中的应用[J]. 光学精密工程, 2010, 18(6): 1333-1339.
- [9] 郑晓文, 郑红. 工作电流对热敏电阻测温的影响[J]. 宇航计测技术, 2001, 21(4): 44-51.
- [10] 刘利峰. 单片精密仪器仪表放大器应用电路[J]. 国外电子测量技术, 2003, 22(1): 29-30.
- [11] 胡军柯. 电流测量电路的误差补偿和降噪技术的研究与应用[D]. 杭州: 浙江大学, 2008.
- [12] 庄严, 段慧达. 误差分配与合成在智能仪器中的设计与应用[J]. 测量与设备, 2002(6): 9-10.

### 作者简介

何云丰, 1989 年出生, 工学硕士, 研究实习员, 主要研究方向为空间光学遥感器电子学系统设计。

E-mail: hyf421@163.com

(上接第 72 页)

- [8] 胡敏. Web 系统下提高 MySQL 数据库安全性的研究与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2015.
- [9] 黄兮. 基于电子交易的农产品溯源模型的设计与实现[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2009.
- [10] 赖武光. 基于 LabVIEW 的温度监控系统软件设计[J]. 科技与创新, 2016(1): 68-69.
- [11] SINGLA S K, YADAV R K. Optical character recognition based speech synthesis system using LabVIEW[J]. Journal of Applied Research & Technology, 2014, 12(5): 919-926.
- [12] 李红刚. 基于单片机和 LabVIEW 的多路数据采集系

统设计[J]. 国外电子测量技术, 2014, 33(4): 62-67.

- [13] 戴冬冰, 刘正光. 基于虚拟仪器的大功率高精度电子负载[J]. 仪表技术与传感器, 2015(9): 40-43.
- [14] 何杰. 基于关系型数据库的单元测试的研究与实践[D]. 上海: 上海交通大学, 2013.

### 作者简介

陈硕章, 1994 年出生, 本科在读, 主要研究方向为测控技术、虚拟仪器和信号处理。

E-mail: chenshuozhang1234@126.com

(上接第 75 页)

- [8] Standard commands for programmable instruments[S]. USA, SCPI, Consortium, 1999.
- [9] 韩桂芬. 采用频谱分析仪测量信号源功率电平及校准不确定度[J]. 现代电信科技, 2006(5): 49-51.
- [10] JEFFERY. WINDOWS 核心编程[M]. 第 5 版. 北京: 清华大学出版社, 2008: 232-233.

### 作者简介

侯月振, 1983 年 3 月出生, 男, 硕士, 助理工程师, 主要研究方向为电子测量仪器的程控设计。

E-mail: lao\_hou1983@163.com