

降水现象仪模拟软件设计与实现

张广超¹, 马尚昌^{1,2}, 张素娟^{1,2}

(1. 成都信息工程大学电子工程学院, 四川 成都 610225; 2. 成都信息工程大学 中国气象局大气探测重点开放实验室, 四川 成都 610225)

摘要:激光雨滴谱仪有代表性的就是德国研制的 Parsivel 激光雨滴谱仪, 该仪器性能优良, 已商业使用, 但毕竟是国外的。针对国内科学研究雨滴谱仪器技术不成熟的问题, 停留在实验室阶段, 而一般的雨滴谱仪在速度控制方面又做的不够好, 文章仅在模拟雨水降落速度问题研究上, 在 .net 平台利用 c# 设计了一种利用 SerialPort 组件(类)控制电机速度模拟降水速度的降水现象模拟软件, 将实际降水天气现象时的雨速大小作为标准, 进而修正电机速度, 达到逼近真实天气现象的效果, 进而后续的科学实验, 软件设计充分利用了 .net (winform) 平台的界面友好性, 以及该平台下丰富的类库, 通过设置电机参数, 按照电机说明书通过串口指令可以获取电机的配置参数, 如 PID 参数, 软件通过封装这些参数, 按照相应的指令格式将参数利用所写模拟软件通过串口通信方式传送给电机, 达到修正电机的速度问题。详细阐述了对电机控制的原理及方法, 并对软件涉及到的一些技术点作了一些简要说明, 软件小巧灵活方便, 运行稳定。

关键词:电子与通信工程; 大气探测技术及应用; 雨滴谱仪; C#; 降水模拟; 转速控制; 转速修正

中图分类号: TP399

文献标志码: A

0 引言

雨滴谱是指在单位空间体积中内, 直径在 $D \sim D + \Delta D$ 的雨滴的数目, 英文建成是 rain Drop Distribution (DSD), 研究降水的时间和空间分布过程中人们越来越多的使用了天气雷达, 因为得到的雷达反射因子, 降水强度是非常依赖于降水的微物理结构^[1], 降水的研究对云降水物理研究, 信号传输, 特别是人工降雨方面有着重要的意义。另外雨水对于气溶胶有清洗作用, 地球与空间无线电信号的失真与降水雨滴的作用也有关系, 基于几方面原因, 了解降水的微物理结构显得尤其重要, 而雨滴谱仪又是研究降水的重要仪器, 并且雨滴谱仪广泛应用于交通控制、气象监测与服务、科学研究、机场观测、公路气象监测、水文地理学、气象雷达数据校正等应用领域。雨滴谱测量也经过了 100 多年的发展, 经历了吸水纸法^[2], 面粉法^[3], 声学法, 振动法 (disdrometer 仪器), 质谱仪, 光电雨滴谱仪, 箔片取样器等^[4], 科学研究中常用雨滴谱仪对降水过程模拟, 本文针对雨速大小和雨的粒径大小方面探讨, 设计了模拟降水过程的降水现象仪软件。

1 系统概况

1.1 系统结构组成

现在进行科学研究较为普遍用到的实际的雨滴谱

仪示意图如图 1 所示。

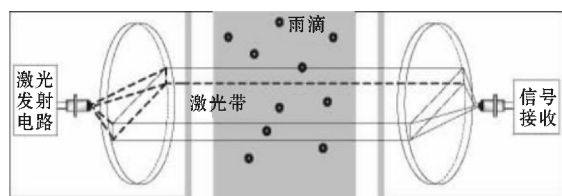


图1 雨滴谱仪示意图

雨滴谱仪有很多种类, 设计和一些对比性的资料^[5-6], 常见的雨滴谱仪系统结构主要有激光发射电路, 对于激光光学系统, 应用激光原理对高速运动物体进行测定^[7]。可测定运动物体的总量, 大小, 强度, 和运动速度, 这部分本文不做深入探讨, 本文探讨的是对于上图中雨滴采用模拟的方式, 具体方案如下: 电机一台和电机带动的转盘, 以及转盘上所贴的纸片 (纸片不透明), 通过 PC 软件控制的电机采用 AQMD6010BLS 直流无刷电机。通信协议采用 RS-485, 重点研究对电机转速控制达到模拟雨速的效果, 降水现象仪示意图如图 2 所示。

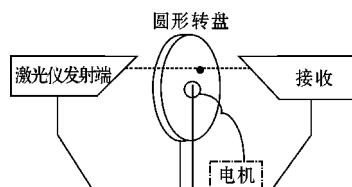


图2 降水现象仪示意图

图示结构原理说明:图中结构部件有圆形转盘,激光仪,电机(电机驱动器),圆形纸片(转盘中黑点)。电机带动转盘转动,转盘的线速度模拟雨速大小,圆形转盘贴有特定直径的圆形纸片,用以阻断激光仪的光线,从第一次遮住到第二次遮住的时间差,利用这个间隔和圆形纸片到圆盘中心的距离(半径)可以计算出转速。软件通过串口通信方式控制电机驱动器,可以改变电机速度大小。

1.2 工作原理

工作原理:电机带动转盘转动,激光束照在转盘的一点,以转盘中心为圆心,圆心到该点的距离为半径的圆上任一点贴一个遮挡光束的圆形纸片,该纸片的大小模拟雨滴的大小,电机控制转盘转速的线速度模拟雨滴速度的大小,当纸片遮挡住光束时,激光仪器就会有所感应,从第一次遮住到第二次遮住的时间差,通过时间差就可估算纸片转动速度,这样通过改变转盘速度和纸片大小就能达到仿真雨滴的速度和大小。用标准雨速,粒径大小修正是本文的应用重点。

2 软件设计

2.1 设计技术

软件在.NET平台下采用C#语言开发,.NET框架是微软推出的新一代软件开发平台,为其它所有.NET技术产品提供坚实的基础。.NET Framework是WIN32平台的接替者,是.NET技术的载体^[8]。C#语言继承了C和C++的强大功能但是并没有那么复杂,可以直接调用控件建立Windows用户界面,简单直观,因此,本设计采用C#程序设计语言实现上位机软件的编写,在数据通信方面,由于电机采用RS-485协议,经过转换,PC段通信协议采用RS-232即可,所以通讯参数即设置通信对应的串口号,波特率等参数。C#开发串口通信一般有以下两种通信方式:一是通过调用Windows API函数,此方式的缺点是对API必须有足够深刻的认识,这就增加了开发难度;二是采用Serial Port组件,由于微软在.NET Framework 2.0以后增加了串口编程,所以采用第二种方式编程较为容易。

打开软件后,软件自动扫描电脑端可用的串口号,如果没有可用的端口号,对用户友好提示。

2.1.1 软件工作流程

打开软件后,设定好通信所需要的串口参数,软件已经默认,并且写了默认配置,当用户下次打开软件时,自动配置上次的记录。

转速程序控制算法流程如图3所示。

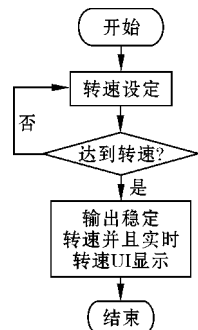


图3 转速程序控制算法流程

2.1.2 跨线程访问控件

由于软件界面设计采用 WinForm 形式,Windows窗体提供了一套丰富的控件,其中需要实时显示转速,而转速显示在UI控件上,如果直接对其操作,在.NET 2.0以后,微软加强了线程安全机制,不允许线程间访问,解决方法是禁止编译器对跨线程访问作检查,窗体加载时添加代码

```
Control.CheckForIllegalCrossThreadCalls = false;
```

可以实现访问,但是出不出错不敢保证。

第二种方法是采用代理,用代理方法来间接操作不是同一线程创建的控件。从不是同一个线程访问另一个线程涉及到多线程技术的使用^[9-11]。

```
this.Invoke((EventHandler)(delegate
{ ...//接收数据处理 }));
```

设计采用安全可靠的第二种方式。可以理解为在第二种方式中 delegate 的异步就是开了一个异步线程。但是这个“新开的线程”不会注入到了主控制线程中。

2.2 关键技术分析

2.2.1 转速稳定的控制

在上述算法中,达到转速(稳定)是关键的一步,通过霍尔信号检测转速和转动位置,使用PID调节算法进行闭环控制,支持速度闭环控制和时间-位置闭环控制两种稳速控制算法,另外还关于其它稳速控制的方法^[12-13]。速度闭环方式具有在高速时速率控制平稳且超调小的特点,但在低速时调可能速度控制不平稳;时间-位置闭环控制方式适合于多台驱动器控制多个电机在相同时间内转动相同的角度的控制要求,也适合于超低速控制。本设计调节采用速度闭环控制,为改进稳速效果可以调节PID,PID控制算法原理如下^[14]:

$$\Delta U(k) = K_p \Delta e_k + K_I e_k + K_D (\Delta e_k - \Delta e_{k-1}) \quad (1)$$

其中 $U(k) = U(k-1) + \Delta U(k)$

$U(k)$ 为本次控制量, e_k 为本次实际值与给定值之差, K_p 为比例系数, K_I 为积分系数, K_D 为微分系数;其中PID参数的确定是控制稳定的核心,下面重

点分析:在对电机 PID 算法调整时,如果理论值 PID 效果不好,可以采用尝试的方法来确定 PID 的数值。

假定, V_1 为设定的电机速度值(转速), V_2 为通过串口读取的数值, v 为允许的误差量(如设定为 200 rpm, 达到 198 ~ 202 rpm, 均可以视为稳定, v 为二者之差, 即 2 rpm)

(1) 当 $V_1 - V_2 > v$ 时, 未达到设定转速值, 转速继续增大;

(2) 当 $V_1 - V_2 < v$ 时, 超过设定转速值, 增大转速过程断开, 转速下降;

(3) 当 $V_1 - V_2 > v$ 时, 又开始向设定的转速值增加; 反复执行上述过程, 这样就能够找到转速稳定时的振荡波形, 一般来说, 首次出现的波峰和波谷误差比较大, 舍弃。

(4) 取第 2 个波峰开始记录, 此记录为第 1 个最高点转速, 同时记录时间, 清零时间计数器。

(5) 记第 2 个波谷为第 1 个最低值转速, 同时读取时间计数器以得到这个振荡波形的周期值(此时是 $T/2$)。

有了波峰转速、波谷转速和振荡周期, 可以计算出 PID 数值。

$I = T$ (振荡波形的周期), 而 $D = I/4$ 。控制增益 $K_c = 4d/(P_l \cdot A)$, 根据经验公式 $K_p = 0.6K_c$ 和 $P = 1/K_p$, 计算出比例系数 P 。

一般说来 PID 算法都是经验调整。例如增大比例系数 P 将有利于系统响应的加快, 但是不能太大, 比例系数太大会使系统有较大的超调, 并产生振荡, 稳定性变差;

增大积分时间 I 有利于减小超调及振荡, 有利于增强系统的稳定性; 但是也有不足, 如消除系统静差时间变长。

增大微分时间 D 有利于系统响应速度的加快, 使系统超调量减小, 稳定性提高, 但系统对扰动的抑制能力减弱。

所以在尝试时, 可参考以上参数对系统控制过程的影响趋势, 对参数调整实行先比例, 后积分, 再微分的整定步骤。首先整定比例部分, 将比例参数由小变大, 并观察相应的系统响应, 直至得到反应快及超调小的效果。

合适的 PID 参数设置好以后, 按照电机测试软件获取这些参数设置的指令, 获取到这些指令以后就可以在降水模拟软件中软件初始化过程中, 或在发送每条雨的状态命令时, 接着发送合适的 PID 参数设置的指令, 这样就能够达到稳速控制。

2.2.2 软件测试

软件运行过程中, 测试截图如图 4 所示。



图 4 测试过程截图

数据接收区接收的是实时状态信息, 根据需要提取实时转速, 然后将十六进制转化为十进制即可将显示实时转速, 将稳定时转速换记录(转换为线速度)与实际天气时的速度作为对比, 直到找出二者最为接近时的转速, 将该转速的相关命令代码写入程序, 将每个天气现象重复该过程。

最后从图 4 可以看出, 当用户选择了降水现象-毛毛雨, 所示速度为实际天气对应的速度, 将转速转换为线速度与该值对比, 误差越小证明仿真度越高。图 4 下方备注区粒径为对应转速时的建议粒径, 用户可以根据所需选择, 部分测试结果见表 1。

表 1 测试结果分析

测试天气现象	粒径大小/mm	仿真速度/m/s	实际天气
毛毛雨	0.25	1	毛毛雨
雨	2.5	7.5	雨
雨夹雪	3	3.5	雨夹雪
雪	12.5	1.5	雪
冰雹	15.5	12.0	冰雹
未知现象	2.5	21	未知

测试结果说明: 仿真速度由转盘上贴片到转盘中心的距离为半径, 由转速度折算线速度所得, 粒径大小是对应于某种天气现象最普遍的粒径(一种建议粒径), 并没有排除特殊情况。

2.2.3 相关技术改进

实际测试中, 对于毛毛雨的识别不是很好, 对于雨滴粒径过小检测偏差较大的问题可以参照文献[15]解决, 对于电机调速还有其他方式, 详细内容参照文献[16-17]。

3 结束语

利用 C#语言编写的降雨现象仪软件能够模拟部分天气现象, 在雨速控制方面能够逼近真实雨速, 在部

分科学研究中不必等待真实天气便可进行相关实验研究,当然,识别的天气目前还比较有限,有待改进。

参考文献:

- [1] 刘红燕. 雨滴谱仪器的设计与雨滴谱资料的分析[D]. 北京:中国科学院,2006.
- [2] McCool D. K. Personal Communication[J]. Laboratory of Physical Geography, Geographical Institute, University of Utrecht, Netherlands, 1981:127-136.
- [3] Kohl R A. Drop size distribution from medium-sized agricultural sprinklers [J]. Trans. ASAE, 1974, 17(4):690-693.
- [4] 余东升, 徐青山, 徐赤东, 等. 雨滴谱测量技术研究进展[J]. 大气与环境光学学报, 2011, 6(6): 403-408.
- [5] 蔡俊峰. 地面降水激光分类仪设计[D]. 南京:南京信息工程大学,2011.
- [6] 张晓宇, 雷勇, 王柏林, 等. Parsivel 与 LNM 激光雨滴谱仪降水观测的差异[J]. 气象科技, 2016, 44(4): 548-554.
- [7] 高太长, 刘西川, 刘磊, 等. 基于光学方法测量降水的关键技术研究[C]. 经济发展方式转变与自主创新—第十二届中国科学技术协会年会(第二卷), 2010.
- [8] 金旭亮.. NET 4.0 面向对象编程漫谈. 基础篇[M]. 北京:电子工业出版社,2010:3-10.
- [9] 卜春芬. C# 后台处理与多线程技术的应用[J]. 昆明学院学报, 2010, 32(3): 82-85.
- [10] 刘明, 陈治, 张洪彦. C# 多线程串行通信方法的应用[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2008, 24(1): 11-15.
- [11] 邹澎涛, 宋拉芹, 刘洁. C# 中利用多线程技术实现数据的实时测量[J]. 计算机时代, 2008, (6): 49-50.
- [12] 王京锋, 孙纯祥. 基于 DSP 和 ML4428 无刷直流陀螺电机锁相稳速控制的研究[J]. 中国惯性技术学报, 2005, 3(4): 62.
- [13] 王京锋, 孙纯祥. 软件锁相环技术在无位置传感器无刷直流电机稳速控制中的应用研究[J]. 电机与控制应用, 2005, 32(9): 36-40.
- [14] 葛海龙, 陈欣, 林巨广. 气压和温度自动检定系统的研制[J]. 合肥工业大学学报:自然科学版, 2005, 28(6): 608-611.
- [15] 刘俊, 马尚昌, 杨笔锋. 一种激光雨滴谱仪小雨滴检测方法[J]. 气象科技, 2013, 41(4): 603-607.
- [16] 韩超超, 李云波. 一种微型直流电机调速系统设计[J]. 自动化与仪器仪表, 2016, (7): 31-32.
- [17] 李小明. 无刷直流电机调速系统研究与设计[J]. 科技信息, 2010, (35):124-125.

Design and Implementation of Simulation Software for Precipitation Phenomenon

ZHANG Guang-chao¹, MA Shang-chang^{1,2}, ZHANG Su-Juan^{1,2}

(1. College of Electronic Engineering, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. The Key Laboratory of China Meteorological Administration, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: The representative laser raindrop spectrometer is Parsivel, which developed in Germany, the instrument has good performance, commercial use, however, it is abroad. The domestic science and technology is not mature on rain-drop, staying in the laboratory stage, and general raindrop spectrometers in the speed control is not good enough. To solve this problem, only in the simulation of rain on speed, the author designed a simulated rainfall simulation software using c# and SerialPort components (classes) in Net platform to simulate precipitation velocity through controlling rotation rate of motor. The rain rate size in actual precipitation weather phenomenon is used as a standard. And then fix the motor speed to close to the real weather phenomena and do further scientific research. The software make full use of user-friendly interface of the. net platform (winform), as well as the rich class library, by setting the motor parameters, according to the machine manual instructions can obtain configuration parameters, such as the PID parameters, the software by encapsulating the parameters and using the simulation software through a serial port communication mode sending to motor, which can achieve correction motor speed problem. The principle and method of motor control are described in detail. And some technical points related to the software are briefly described. The software is compact and flexible, and the operation is stable.

Key words: electronic and communication engineering; atmospheric sounding technology and application; raindrop spectrometer; C#; precipitation simulation; rotary speed control; rotary speed correction