

# 一种基于 ARM 架构的图形水幕系统

靳 炜<sup>1</sup>, 冯 涛<sup>2</sup>

(上海第二工业大学 实验实训中心, 上海 201209;

2. 上海第二工业大学 电子与电气工程学院, 上海 201209))

**摘要:** 传统的以水为装饰的方法形式比较单一, 缺乏创新性的现状, 因此提出了一种基于 ARM 架构, 结合了人体传感、无线传输等功能的数字图形水幕系统, 能够精确控制电磁水阀开/闭合, 实现了以水为媒介的图形、文字的展示; 同时, 在系统中开发了一种自由落体图像补偿算法, 创建了图像补偿表, 通过对原始图像的补偿可在系统人眼感兴趣的区域很好展示所需的图形及文字; 在实验中可看出系统在 1.26 m×1.26 m 的显示区域内对 64×64 像素的图形进行补偿时达到了较好的效果; 该系统综合考虑了性能、成本等因素, 具有很强的创新性和实用价值。

**关键词:** 图像补偿; 图形水幕; ARM 架构; 自由落体

## A Graphic Water Curtain System Based on ARM Architecture

Jin Wei<sup>1</sup>, Feng Tao<sup>2</sup>

(1. Training Center, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China;

2. Electrical and Electronic Engineering Institute, Shanghai Second Polytechnic University, Shanghai 201209, China)

**Abstract:** As to the status that the form relatively simple and lack of innovation for water as decoration in traditional method, this paper describes a novel digital graphic water curtain system, which based on the ARM architecture and combined with the body sensing, wireless transmission and other functions. It can display graphics, text that water as the medium by controlling the solenoid valve open / close precisely. Meanwhile, it developed a free-fall image compensation algorithm and created the image compensation table in the system, Graphics and text can be well demonstrated in the area that human interest by compensation to the original image. the system compensation can achieve good results as to graphic of 64 × 64 pixel in 1.26m × 1.26m display area in the experiment. The system comprehensively considered performance, cost and other factors, has a strong innovative and practical value.

**Key words:** image compensation; graphic water curtain; ARM architecture; free-fall

## 0 引言

随着人与自然的和谐理念的深入, 水不断被应用在现代环境与装饰设计中。人与水具有一种与生俱来的亲和性, 采用水为主题的环境设计往往给人以宁谧和亲切的感觉。

因此, 水被大量地应用在广场、商场及店面的设计之中。然而, 传统的以水为装饰的方法十分有限, 如大大小小的喷泉、水墙、瀑布、亲水平台等, 这些手段在装饰完之后只能依靠灯光点缀, 变化十分有限, 久而久之会给人以单调、乏味的感觉, 本文研究的数字水幕就是想以一种全新的方法改变水的造型效果, 不仅有装饰效果, 还可以起到信息交流和烘托现场主题的效果。

数字水幕(水幕)出现于 2008 年举办的世界博览会上<sup>[1]</sup>。数字水幕以艺术形式完美地展现水的科技, 迅速吸引了众人眼球。数字水幕是由流动水构成, 在计算机精确操控下流动的水墙可显示出多种图案和文字信息样式。数字水幕采用一排电磁阀作为控制水流的开关, 当电磁阀开启时, 水流在重力作用下

竖直落下, 控制电磁阀的通断时间, 可产生间歇的水流, 在计算机的控制下, 各个电磁阀协同工作, 可产生具有图型效果的水幕, 在配上灯光, 就可以产生各色的水幕图形。数字水幕不仅能起到装饰效果, 同时还可以传递一些信息, 如欢迎字符、主题标志等, 可以广泛应用到瀑布装饰、展台布置及广告宣传等场合, 具有很广泛的应用前景<sup>[2]</sup>。

本文提出一种基于 ARM 架构的图形水幕设计方法能将图形的变形控制在肉眼可接受的范围内, 并通过系统得到验证。

## 1 图形水幕设计的工作原理

图形水幕的产生主要由水成像、图形水幕成像以及电气控制 3 部分组成。

### 1.1 水成像原理

在正常情况下, 高空的水会受到重力作用自然下落。如果高处某个位置的水通过几个小孔自由下落, 将会形成几条连续的水柱, 见图 1(a); 此时若通过电磁阀间歇的开启和关闭控制小孔, 将会把原来的几个连续的水柱切断成多截的有间隙的水柱, 实现了水柱的可控, 见图 1(b); 若通过既定程序, 按一定的规律控制电磁阀, 将可以产生一些特殊效果的图形水柱, 见图 1(c)。

### 1.2 图形水幕成像原理

在图形水幕所构成的图像点阵中, 其横向像数取决于控制

收稿日期: 2013-12-19; 修回日期: 2014-02-17。

基金项目: 上海市高校科技创新项目(2008-CX28)。

作者简介: 靳 炜(1976-), 男, 上海人, 工程师, 硕士, 主要从事嵌入式系统、仪器仪表设计与开发方向的研究。

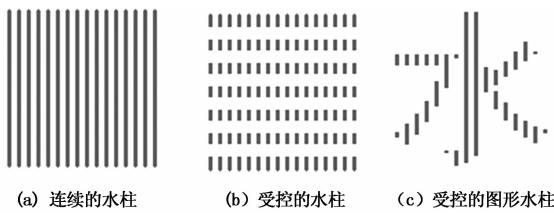


图 1 水幕成像原理

水柱的电磁阀的数量，例如要显示横向 64 像素的图形就必须采用 64 个电磁阀协同工作。图形的纵向像素的数量，取决于电磁阀的开关速度，即水柱段的最小长度，电磁阀开关速度越快，则水柱能够被截得越短，纵向的像素就越高，见图 2。



图 2 图形水幕的像素

可见，电磁阀是系统的一个关键部件，其安装尺寸越小，横向像素越高；响应速度越快，纵向像素越高。

实际成像中，还有许多影响成像质量的因素，主要由以下几个：

1) 由于存在重力加速度的作用，在某时刻  $t$  的各水柱的下落速度各不相同，导致前后水柱的间隙不断拉大，从而产生图形形变，且无法在水柱下落过程中修正；

2) 图形水幕系统中，水所形成的图形始终是下落的，因此如果下落速度过快会影响对图形的识别率，越快就越不容易看清，所以水柱在离开电磁阀时初速度最好为零。

### 1.3 图形形变的补偿算法

为解决图形形变问题，本系统依据视觉注意机制<sup>[3]</sup>配合灯光，在预处理阶段通过模板配对对图像进行参数补偿，使图形在下落至人眼感兴趣区域时保持基本原有形状，具体如下：

#### 1.3.1 水幕系统特性

1) 假设图像为  $n * n$  的大小，由于受到电磁阀安装最小间隔  $\Delta L = 1$  (cm) 所限，可认为图像的横向像素之间最小距离为 1 cm，电磁阀总长度为  $n$  (cm)。水柱下落总高度为  $h$  (cm)，则水幕系统尺寸为： $n * h$  (cm)；

2) 由于水柱在同一水平位置下落的时间、距离均相同，可认为图像每一行下落的时间、距离也相同；

3) 依据视觉注意机制，认为在水幕系统中部区域是视觉敏感区域，即：

$$(h + n)/2 < pixel < (h - n)/2 ;$$

4) 设图像第  $n$  行下落时间为初始时间  $t_1$ ，第  $n-1$  行下落时间为  $t_2$ ，...，第 1 行下落时间为  $t_n$ ，单位时间  $\Delta t = t_2 - t_1 = t_3 - t_2 = t_4 - t_3 = \dots =$  电磁阀的开闭时间  $T$ 。

#### 1.3.2 补偿参数

1) 图像第  $n$  行从初始时间  $t_1$  开始下落，到达水幕系统中

部区域的位移  $h_n$ ，时间  $t_n$  分别为：

$$h_n = (h + n)/2; t_n = \sqrt{(h + n)/g}$$

2) 图像第  $N-1$  行应到达水幕系统中部的实际位移为： $h_{n-1} = h_n - \Delta L$ ，所需要时间为：

$$t'_{n-1} = \sqrt{2h_{n-1}/g}$$

3) 则图像第  $N-1$  行应补偿的时间系数  $C_{n-1}$  为： $C_{n-1} = (t_{n-1} - t'_{n-1})$

4) 以此类推，即可以得到图像每一行的补偿时间系数。

在实际应用中，所采用图像大小为  $64 * 64$ ，高度为 2 m。计算出图像前 10 行的应该补偿的时间系数  $C$  如图 3 所示，并通过控制电磁阀的开闭可以在图像落至视觉敏感区域时保持图像不变形。

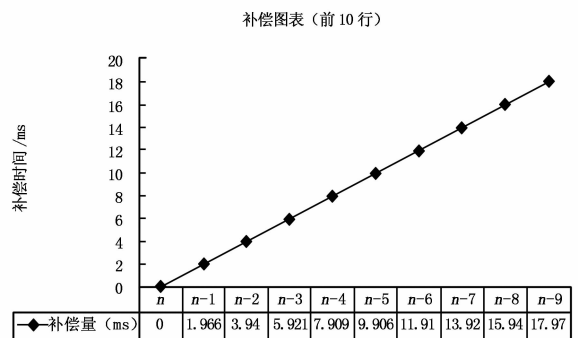


图 3 补偿的时间系数图

## 2 图形水幕系统的设计方案

本系统在考虑图形水幕系统设计时，综合考虑到性能、成本等因素，将系统分为计算机图形预处理与水幕两个部分，见图 4。计算机系统具有良好的人机交互界面和强大的图形处理能力，承担图像选取、编辑和预处理工作。水幕系统成本要求较高，因此采用低成本、高性能的 ARM 芯片实现图形的补偿算法和系统的运行控制<sup>[4]</sup>。两个部分之间采用无线模块进行数据传输，不仅便于现场操作与调试，而且进行地址编码后可以实现一台计算机对多台水幕系统进行编辑操作，进一步降低了系统扩展时的成本。

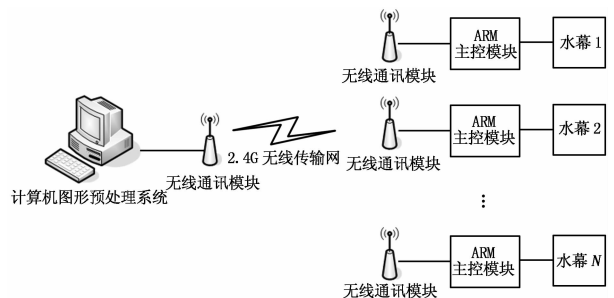


图 4 图形水幕系统

### 2.1 图形水幕系统工作流程

1) 在计算机预处理系统上置入所需要显示的图形，对图形进行缩放、对比度/亮度调整及归一化等预处理，处理完成后计算机预处理系统输出一张适合水幕显示的 64 点阵的二值

图像;

- 2) 无线模块将图像发送到水幕系统存储;
- 3) 系统从存储器中调用图像, 由主控芯片对图像各像素按照补偿图表执行相应的时间补偿;
- 4) 主控芯片控制系统电磁阀工作, 实现水的控制, 显示补偿后的图形。

### 2.2 图形水幕系统功能模块

图形水幕系统包含输入、主控、输出及辅助 4 个模块, 如图 5 所示。

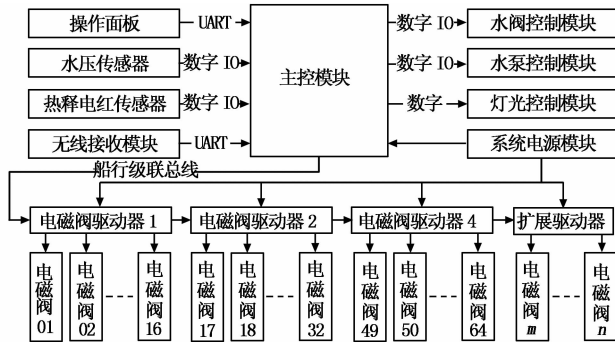


图 5 水幕结构图

#### 2.2.1 输入模块

- (1) 水压传感器: 用于检测系统工作压力情况, 当无水压时自动关闭系统以防止水泵、电磁阀等部件损坏;
- (2) 人体传感器: 采用 HC-SR501 热释电红外传感器, 用于检测观赏者与水幕系统的位置, 以自动调整图像达到最佳视觉效果。
- (3) 无线接收模块: 用于接收上位机传输的图形, 并实现远程操作和更新。

(4) 操作面板: 用于用户交互, 可实现开启、关闭、参数设定等功能。

#### 2.2.2 主控模块

主控模块 LPC2131 为系统核心, CAT1025 2K 用于处理输入模块的各种信号, 并按预设策略修正图形, 控制输出模块驱动电磁阀、水泵及灯光等设备。

#### 2.2.3 输出模块

- (1) 水阀驱动: 模块功能为驱动电磁阀高速动作, 由主控模块控制水流通断时间产生图形。
- (2) 水泵驱动: 按系统要求驱动水泵工作。
- (3) 灯光控制: 驱动多路灯光, 与水流控制结合, 可形成多种视觉效果。

#### 2.2.4 辅助模块

辅助模块包含系统电源、驱动电源等功能。

### 3 图形水幕系统的实例

本系统采用上述方法, 利用水的自然下落, 通过 ARM 处理器对电磁阀进行程序控制, 可以实现预制的文字与图形成像功能, 在灯光的辅助下能获得很好的展示效果。数字图形水幕

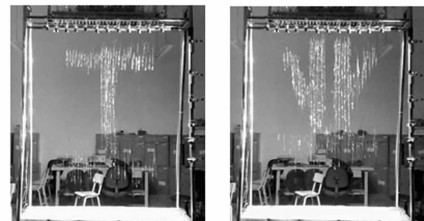
系统的主要参数见表 1, 图 6 (a), (b), (c) 演示了字母图形的下落过程, 图 6 (d), (e) 演示了感兴趣区域中的文字图形。此外, 本系统获得过上海市高校科技作品优秀奖和第五届“上汽教育杯”特等奖, 在上海市科技馆及上海市展览中心展示。

表 1 系统参数

阀门间距 (mm)	装置高度 (mm)	装置宽度 (mm)	电磁阀最小响应时间 (ms)	主控芯片	传感器	无线传输模块	可视区大小 (mm)	图像大小 (PIXEL)
10	2 200	2 000	5	LPC2131	HC-SR501	TR24A	1 260 * 1 260	64 * 64



(a) 图形下落 (b) 感兴趣区域图形 (c) 形变图形



(d) 显示汉字“工” (e) 显示汉字“业”

图 6 图形水幕演示

### 4 结论

本文提出一套实际应用的数字水幕系统, 本系统基于 ARM 架构, 结合电磁阀、水泵、灯光以及传感器系统控制, 同时解决了水柱图形形变问题, 无论从硬件结构和软件设计来看, 均取得了良好效果。可以广泛应用到瀑布装饰, 展台布置、广告宣传等场合, 具有很强的推广前景和市场价值。

#### 参考文献:

- [1] 杜启荣, 卜晓明. 水幕来做墙一遇人会分开 [J]. 建筑工人, 2008, (2): 57.
- [2] 李微娜. 基于 PLC 的水幕电影和音乐喷泉控制系统设计 [D]. 湖北民族学院, 2012: 2-8.
- [3] 陈宏安. 基于生理视觉特性的压缩编码方法在航天遥测图像传输中的应用 [J]. 计算机测量与控制, 2008, 16 (10): 1475.
- [4] 张 浩. 基于 arm 的无线音乐喷泉的设计 [J]. 电子制作, 2013, (12): 13.