

文章编号: 1007-2780(2013)01-0071-05

嵌入式设备立体图像显示技术研究

帖志成¹, 梁发云^{1*}, 黄伟莉², 王 婧¹, 何小明¹

(1. 南昌大学 裸眼立体技术与虚拟现实研究中心, 江西 南昌 330031, E-mail: zctie89@163.com;

2. 东华理工大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘 要: 便携式裸眼 3D 设备屏幕规格众多, 在基于嵌入式系统多规格小尺寸液晶屏的便携式设备上实现立体显示效果, 需在嵌入式系统支持下对立体图像进行缩放和插值处理, 满足左右眼图像的准确观看。文章对安卓操作系统中 3D 图像处理进行研究, 应用安卓提供的函数获取屏幕物理像素和图像实际分辨率, 并根据二者的参数使用失真度小的线性缩放技术和列插值融合方法完成左右格式 3D 视频和图像的立体播放。在多规格普通 2D 液晶屏的便携式设备上进行了验证得到正确显示。

关 键 词: 裸眼立体显示; 亚屏幕; 图像质量

中图分类号: TP37

文献标识码: A

DOI: 10.3788/YJYXS20132801.0071

Stereoscopic Display Based on Embedded System

TIE Zhi-cheng¹, LIANG Fa-yun^{1*}, HUANG Wei-li², WANG Jing¹, HE Xiao-ming¹(1. *Naked-Eye Stereoscopic Technique and VR Research Center, Nanchang University,**Nanchang 330031, E-mail: zctie89@163.com;*2. *College of Mechanical and Electrical Engineering, East China Institute of Technology, Nanchang 330013, China*)

Abstract: Portable naked-eye 3D device has many different screen sizes, in order to achieve a three-dimensional display on embedded system, which has different small-sizes of LCD, we need to do the image scaling and interpolation process based on the embedded system, so that the viewing of the left and right eye can be satisfied. In this paper, we researched the 3D image processing and designed a naked-eye 3D displayer based on Android system. The displayer can get physical pixels of the screen and the actual image resolution using Android to provide the functions, use low distortion linear scaling technology and columns interpolation fusion and complete the left and right format stereo video and image played. It was displayed correctly on portable device with specifications ordinary 2D LCD screen.

Key words: nakedness-eye stereoscopic display; sub screen; image quality

1 引 言

裸眼 3D 技术是光电显示领域的重要发展方向^[1-3], 它以彩色 LCD 为图像显示器件, 使用光学

技术把左右眼图像投射到对应的眼睛从而获得立体显示效果。

便携式裸眼 3D 设备在嵌入式系统支持下工作, 其图像界面的处理与 2D 设备有很大的区别,

收稿日期: 2012-09-23; 修订日期: 2012-11-22

基金项目: 江西省教育厅重点科技资助项目(No. GJJ09012; No. GTJ11001)

作者简介: 帖志成(1985—), 男, 山西应县人, 硕士研究生, 主要研究方向为裸眼立体显示技术, 智能仪器。

* 通信联系人, E-mail: liangfayun@ncu.edu.cn

在 3D 模式下 CPU 读取内存中的左右格式图像经插值处理后才能满足立体播放的要求。

本文研究便携式裸眼 3D 设备视频、图像播放软件设计的关键技术及其实现方法,试图解决 Android 嵌入式操作系统中多规格屏幕的裸眼 3D 图像播放技术。

2 裸眼 3D 技术

双眼视网膜图像存在水平方向上的视差,该视差是产生立体视觉的生理学基础。使用双镜头摄像机模拟人类双眼拍摄的两幅图像,播放时再通过光学通道进入对应的眼睛,就可获得立体视觉效果。目前已经研制出多种控制左右眼视觉通道的 3D 显示技术^[4],如佩戴式的补色眼镜立体显示技术、偏振光眼镜立体显示技术、液晶开关眼镜立体显示技术等。裸眼式立体显示技术在图像显示层安装特殊的光学元件^[5],改变按列间隔排列的左右眼图像光线,使之分别进入对应的眼睛,其原理如图 1 所示。

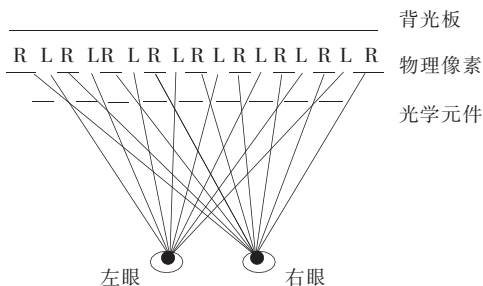


图 1 裸眼 3D 显示原理

Fig. 1 Naked-eye 3D display principle

3 嵌入式裸眼 3D 设备

使用小尺寸裸眼 3D 液晶屏作为便携式设备的显示器件,在嵌入式系统支持下能够开发出多种应用功能,可以研制出 3D 手机、3D 平板电脑等产品。

嵌入式系统包括微处理器和嵌入式操作系统。微处理器是信息处理中心,管理所有外围设备,在操作系统支持下对硬件设备及软件进行的管理、调度。在 Android 嵌入式操作系统支持下开发裸眼 3D 设备,其重点在于 3D 图像显示界面的管理、图像播放算法的设计研究。

基于嵌入式操作系统实现立体图像显示的软件设计流程如图 2 所示。

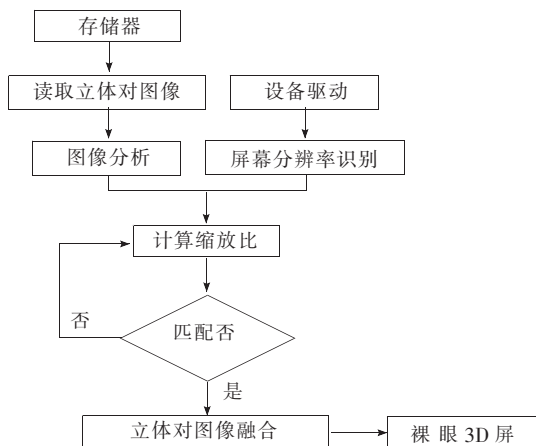


图 2 系统设计流程

Fig. 2 System design flow chart

4 图像缩放处理技术

图像缩放是对像素重新采样的过程,Android 系统中分别根据图像和屏幕对应宽和高方向的像素数做商,计算出图像宽和高方向的缩放比,将比值传递给 Matrix 函数来完成缩放处理^[6-8]。

Matrix 函数是 3×3 位置坐标矩阵(式(1)),矩阵 \mathbf{A} 的第一行控制 x 坐标,第二行控制 y 坐标。

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} MScale_x & MSkew_x & MTrans_x \\ MSkew_y & MScale_y & MTrans_y \\ MPersp_0 & MPersp_1 & MPersp_2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

其中 MScale 用于缩放处理,MScale- x 和 MScale- y 分别为图像宽和高方向的缩放比例。

对一幅源图像 $f_1(x, y)$,将其缩放为 $f_2(x', y')$,缩放前后两幅图像通过式(2)和式(3)函数关系求得对应像素的坐标。在 Android 系统中可调用 matrix.preScale(w, h) 函数来实现。

$$x' = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{m-i} a_{ij} x^i y^j \quad (2)$$

$$y' = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^{m-i} a_{ij} x^i y^j \quad (3)$$

式中 m 为多项式的阶数, a_{ij} 和 b_{ij} 为各项系数。

图像缩放常用的有等比例缩放、固定比例缩放、按图像宽高各自比例缩放 3 种。其中固定比例缩放、按图像宽高各自比例缩放存在图像失真,因此这里采用失真度比较小的等比例缩放方式。

4.1 获取屏幕分辨率

物理分辨率是指显示器像素点的个数,在

Android 中屏幕分辨率是通过 DisplayMetrics 函数访问 Framebuffer 结构体 Struct fb_info 成员结构 Struct fb_var_screeninfo 中保存的屏幕分辨率、像素位宽等信息,其调用方法如下。

```
DisplayMetrics dm = new DisplayMetrics ();
getWindowManager().getDefaultDisplay().getMetrics(dm);
```

读取屏幕宽和高方向像素数的函数调用方法如下。

```
int displayWidth=dm.widthPixels;
int displayHeight=dm.heightPixels;
```

4.2 获取图像分辨率

应用 BitmapFactory 函数中 getWidth()方法和 getHeight()方法从图像信息中获得分辨率,调用方法如下。

```
int width = bm.getWidth();
int height = bm.getHeight();
```

为了保证图像不失真采用等比例缩放,其比例为图像与屏幕宽、高比例的最小值。

5 立体图像的插值播放

基于双目视觉原理,对一幅存在视差的左右格式立体对图像,以立体对图像宽方向中间列像素为左右图像界限,分别依次读取左、右图像的奇、偶列像素,并将奇列像素在左眼亚屏幕显示,偶列像素在右眼亚屏幕显示,经 3D 液晶屏显示出立体效果^[9-10]。

一幅 $m \times 2n$ 的立体对图像二维显示区域用矩阵 P 表示为:

$$P = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,2) & \cdots & f(1,2n) \\ f(2,1) & f(2,2) & \cdots & f(2,2n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(m,1) & f(m,2) & \cdots & f(m,2n) \end{bmatrix} \quad (4)$$

根据裸眼式 3D 显示原理,其左眼亚屏幕由奇列像素构成,用矩阵表示为:

$$S_L = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,3) & \cdots & f(1,n-1) & \cdots & f(1,2n-1) \\ f(2,1) & f(2,3) & \cdots & f(2,n-1) & \cdots & f(2,2n-1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(m,1) & f(m,3) & \cdots & f(m,n-1) & \cdots & f(m,2n-1) \end{bmatrix} \quad (5)$$

右眼亚屏幕由偶列像素组成,其矩阵为:

$$S_R = \begin{bmatrix} f(1,2) & f(1,4) & \cdots & f(1,n) & \cdots & f(1,2n) \\ f(2,2) & f(2,4) & \cdots & f(2,n) & \cdots & f(2,2n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(m,2) & f(m,4) & \cdots & f(m,n) & \cdots & f(m,2n) \end{bmatrix} \quad (6)$$

以立体对图像宽方向第 n 列像素为界限,将左右图像像素按奇、偶列交错的方式融合即形成

双目立体视觉图像,用矩阵表示为:

$$A_D = \begin{bmatrix} f(1,1) & f(1,n+1) & f(1,2) & f(1,n+2) & \cdots & f(1,n) & f(1,2n) \\ f(2,1) & f(2,n+1) & f(2,2) & f(2,n+2) & \cdots & f(2,n) & f(2,2n) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f(m,1) & f(m,n+1) & f(m,2) & f(m,n+2) & \cdots & f(m,n) & f(m,2n) \end{bmatrix} \quad (7)$$

在安卓系统中按照亚屏幕像素的分布完成左、右眼图像的准确放置,才能实现立体视频和图像的播放,左眼亚屏幕显示的调用方法如下。

```
cSrc=ppm.getPixel(k,height1-1-i);
colors=Color.rgb(Color.red(cSrc),
Color.green(cSrc),Color.blue(cSrc));//
```

读取 RGB 三色的数值

```
pm.setPixel(m, height1-1-i, colors);
```

右眼亚屏幕显示的调用方法如下:

```
cSrc=ppm.getPixel(width1/2+n, height1-1-i);
colors=Color.rgb(Color.red(cSrc),
Color.green(cSrc), Color.blue(cSrc));
pm.setPixel(m, height1-1-i, colors);
```

6 软件运行效果

在 Eclipse 和 Android 开发环境中编译播放程序后,安装到 Android 操作系统中测试运行效果。随机选取分辨率为 $2\,990 \times 1\,164$ 和 $2\,564 \times 980$ 的左右格式立体对图像(如图 3~4),经软件缩放、融合后全屏显示,如图 5~7 所示。

其中图 5 是分辨率为 480×320 的 8.89 cm (3.5 in) 普通 2D 手机屏幕,图 6 是分辨率为



图 3 分辨率为 $2\,990 \times 1\,164$

Fig. 3 LCD screen with resolution of $2\,990 \times 1\,164$



图 4 分辨率为 $2\,564 \times 980$

Fig. 4 LCD screen with resolution of $2\,564 \times 980$



图 5 8.89 cm(3.5 in)液晶屏分辨率为 480×320

Fig. 5 8.89 cm(3.5 in) LCD screen with resolution of 480×320



图 6 17.78 cm(7.0 in)液晶屏分辨率为 800×480

Fig. 6 17.78 cm(7.0 in) LCD screen with resolution of 800×480



图 7 10.16 cm(4.0 in)液晶屏分辨率为 800×480

Fig. 7 10.16 cm(4.0 in) LCD screen with resolution of 800×480

800×480 的 17.78 cm(7.0 in) 普通 2D 液晶屏,图 7 是分辨率为 800×480 的 10.16 cm(4.0 in) 普通 2D 手机屏幕。

图 5~7 是左右格式图像经列插值后,在配置不同规格和普通 2D 液晶屏设备上的显示效果。由于普通 2D 屏幕未配置特殊光学元件使左右眼图像光线分离进入对应的左右眼^[11],造成左右眼图像光线串扰^[12],图 5~7 即为在普通 2D 液晶屏上准确观看的立体显示效果。

只有配置裸眼 3D 液晶屏后,使左右眼图像分别对应的进入左右眼,才能看到立体效果。由于多规格小尺寸 3D 液晶屏在研制过程中,因此在普通 2D 液晶屏上进行了算法验证。

7 立体图像的质量分析

在图像缩放过程中由于图像像素的增加或减少,必然影响图像质量,其质量评价直接说明该图像缩放算法的有效性。本文主要由主观评价和客观评价对立体图像质量进行评估^[13]。

主观评价采用最具有代表性的 MOS(Mean Opinion Score)方法^[14],观察者(这里选取 20 位)根据观看处理后图像的视觉效果进行评分用 S 表示,将他们对图像的评分取平均,其平均值用来评价一幅图像的主观质量。评分采用百分制,分

数越高说明图像的质量越好,如表 1 所示。

表 1 主观质量评价分值

Table 1 Scores of subjective quality evaluation

观察对象	观察者	分数/分	观察者	分数/分
处理后的图像	第 1 位	92	第 11 位	87
	第 2 位	93	第 12 位	86
	第 3 位	90	第 13 位	95
	第 4 位	89	第 14 位	94
	第 5 位	95	第 15 位	86
	第 6 位	85	第 16 位	94
	第 7 位	89	第 17 位	90
	第 8 位	92	第 18 位	91
	第 9 位	93	第 19 位	92
	第 10 位	94	第 20 位	91

对 20 位观察者的评分求平均值,其计算公式用 M 表示,如式(8)所示。

$$M = \frac{\sum_{j=1}^{20} S_j}{20} = 90.9 \quad (8)$$

其中 i 为观察者数量,平均值为 90.9 说明图像质量较好。

客观评价是用缩放后图像偏离原图像的误差

来衡量图像质量。这里采用类似峰值信噪比的人眼视觉信噪比(HVSNR),值越大效果越好,其表达式如式(9)和式(10)。

$$HVSNR = 10 \lg \frac{(2^B - 1)^2}{S} \quad (9)$$

$$S = \left(\sum_1^6 \left| \frac{1}{m \times n} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left| f_{ij}^{(\alpha)} - f'_{ij}^{(\alpha)} \right|^3 \right|^{\frac{1}{3}} \right) \quad (10)$$

一般 $B=8, \alpha=1, 2, \dots, 6; i, j$ 分别为图像宽和高方向的像素数; $f_{ij}^{(\alpha)}, g_{ij}^{(\alpha)}$ 分别为分解加权后第 α 个空间频带的源图像和缩放后图像的数据;对应的图像大小为 $m \times n$ 。依据文献[14]可知,其评价结果与 MOS 主观评价方法平均评价的相关系数近 0.95,因此从主观和客观评价都得到了较好的效果。

8 结 论

在嵌入式系统支持下的便携式裸眼 3D 设备具有广泛的应用,使用 Android 系统的 Matrix 类、BitmapFactory 类、DisplayMetrics 类及其函数能够开发出基于嵌入式设备的立体图像和视频的播放软件,从而满足实际需要,为裸眼 3D 显示技术的广泛应用提供了技术支持。

参 考 文 献:

- [1] 秦开怀,罗建利. 自由立体显示技术及其发展 [J]. 中国图象图形学报,2009,14(10):1934-1941.
- [2] 邢建芳,龚华军,张赵行,等. 三维数据场在扫描式体显示器中的可视化 [J]. 液晶与显示,2012,27(4):529-534.
- [3] 田丰,夏雪,王鹤. 真三维显示在医学教育与仿真中的应用技术 [J]. 液晶与显示,2012,27(4):535-538.
- [4] Chen C W, Huang Y P, Chen P C. Dual direction overdriving method for accelerating 2D/3D switching time of liquid crystal lens on auto-stereoscopic display [J]. *J. Display Technology*, 2012, 8(10): 559-561.
- [5] 梁发云,邓善熙,杨永跃. 裸眼立体显示液晶屏的光学研究及设计 [J]. 液晶与显示,2005,20(6):544-548.
- [6] 李英明,夏海宏. 双二次 B-样条插值图像缩放 [J]. 中国图象图形学报,2011,16(10):1937-1943.
- [7] 武和雷,乐宋进,胡泳芬. 一种改进的自适应图像增强法 [J]. 南昌大学学报(工科版),2005,27(1):60-63.
- [8] 陈华殷,郭太良,姚剑敏,等. 体三维显示中像素均匀性优化的参数选取 [J]. 液晶与显示,2011,26(2):241-245.
- [9] 梁发云,邓善熙. 立体图像视频格式及其转换技术研究 [J]. 仪器仪表学报,2011,26(12):1233-1247.
- [10] Qi L, Wang Q H, Luo J Y, et al. An autostereoscopic 3D projection display based on a lenticular sheet and a parallax barrier [J]. *J. Display Technology*, 2012, 8(7): 397-400.
- [11] Chen C Y, Deng Q L, Lin B S, et al. Quartz-blazed grating applied on autostereoscopic display [J]. *J. Display Technology*, 2012, 8(8): 433-438.
- [12] Kim D W, Lee K H, Yoon S K, et al. Analysis and compensation of distorted stereoscopic images due to the observer's viewing orientation [J]. *Optics Communic. Ations*, 2012, 285(19): 3909-3916.
- [13] 东野升云,王世刚,韦键,等. 基于人类深度感知的立体图像质量评价方法 [J]. 中国图象图形学报,2011,16(9): 1758-1761.
- [14] 丁绪星,朱日宏,李建欣. 一种基于人眼视觉特性的图像质量评价 [J]. 中国图象图形学报,2004,9(2):190-194.