

一种基于 CAVE 的交互式全景视频显示方法

权 巍, 范静涛, 蒋振刚, 韩 成, 陈纯毅

(长春理工大学 计算机科学技术学院, 吉林 长春 130022)

摘 要: 为了实现全景视频的沉浸式显示, 开发了一个基于 CAVE 的交互式全景视频显示系统. 本系统成功地实现了 pgr 全景视频文件在 CAVE 上的播放. 首先, 将全景视频中的每一帧全景图像映射到一个虚拟球面上; 其次, 使用五个虚拟相机对该球面的四面及顶面进行拍摄, 调整各相机的参数使所得各幅图像覆盖整个球面区域, 并能够无缝拼接; 最后, 将所得五幅图像分别投影到 CAVE 系统中各投影幕中; 另外, 实现通过鼠标、手柄等输入设备调整 CAVE 中各投影幕的画面.

关键词: 全景图像; 全景视频显示; 多投影; CAVE

中图分类号: TP391.9

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)05-0134-04

An Approach to Display Panoramic Video Interactively Based on CAVE

QUAN Wei, FAN Jing-tao, JIANG Zhen-gang, HAN Cheng, CHEN Chun-yi

(School of Computer Science and Technology, Changchun University of Science and Technology,
Changchun 130022, China)

Abstract: In order to display panoramic video immersively, a panoramic video display system based on CAVE is developed. And the pgr file contained panoramic video data can be displayed on the CAVE successfully. Firstly, every panoramic image from the video is mapped to a virtual spherical surface. Secondly, five virtual cameras are used to capture image from the sphere. In order to include the whole spherical surface and mosaic these images seamlessly, parameters of these cameras should be set correctly. Finally, these five images are projected to screen of CAVE separately. In addition, input devices, such as mouses and joypads, can be used to adjust the picture in the screen.

Key words: panoramic image; panoramic video display; multi-projector; CAVE

1 引言

全景显示技术^[1]、CAVE(Computer Automatic Virtual Environment)技术是现阶段迅速发展并且非常流行的一种视觉新技术, 给人们带来全新的、交互式的、高度沉浸感的视觉体验. 全景一般是指观察者在某一相对固定位置对周围全部观察范围所观察到景物的总和, 从空间的角度讲非常类似一个以观察者为圆心的半球状或球状空间. CAVE 系统是由多个环绕投影屏幕所组成的像小房子(洞穴)那样的

显示装置, 是一种具有高度沉浸感的虚拟现实系统.

现阶段, 对于全景图像, 通常使用 360 度全景图像浏览器在单台 PC 机上显示, 某时刻观察到的图像仅是全景图像的一部分, 需通过鼠标控制视口进行 360 度观看. 而在 CAVE 中, 前、后、左、右四面墙各有一个投影幕, 同时天顶也有一个投影幕, 因此, CAVE 系统是一种理想的展示全景画面的装置.

2 基于 CAVE 的交互式全景视频显示系统

现阶段, 各种全景相机均能够以流文件的形式

收稿日期: 2011-10-02; 修回日期: 2011-11-01

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2009BAE69B02)

保存拍摄的全景视频,本文主要针对加拿大 Point-Grey 公司的 Ladybug3 全景相机拍摄的全景视频流,研究一种交互式的基于 CAVE 的全景视频显示系统.

通常的 CAVE 投影系统,投影每个幕的投影机都与一台独立的计算机相连,通过计算机将图像输出到对应的投影机上.对于全景视频中的每一帧全景图像,令每台计算机输出的图像是该帧画面的一部分,这样,各个计算机输出图像的总和即构成一个完整的无缝的全景画面.各计算机通过局域网相连及通信,以实现帧间的同步.采用鼠标、键盘、游戏手柄等作为输入设备与系统进行交互,例如:控制各个投影幕中的图像同步转动,以便更好地调整各投影幕中的画面.

3 系统的实现

3.1 系统运行环境

本文的全景视频显示系统运行于本研究室已成功搭建的 CAVE 系统中,该 CAVE 系统由五个投影幕、五台投影机、五台计算机以及一个网络交换机构成,如图 1 所示.

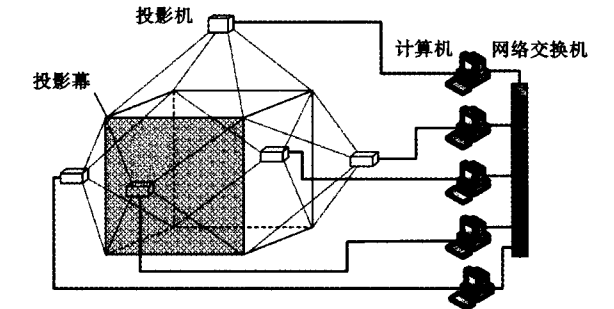


图 1 CAVE 系统构成示意图

3.2 系统实现

本系统采用C++语言,基于 Ladybug SDK^[2],并构建基于 GLUT 的应用程序框架^[3],具体实现思路为:

首先,分析全景视频流文件,对于每一帧全景图像,将其映射到一个虚拟球面上;其次,使用五个虚拟相机分别对该球面中的特定位置以特定的视场角进行拍摄,使五个相机的拍摄范围覆盖整个球面空间区域,并且各幅图像间能够无缝拼接;拍摄所得的 5 幅图像分别投影到 CAVE 系统中各个投影幕中.

各计算机间帧同步的实现:将一台计算机作为服务器,另外 4 个计算机作为客户端,服务器端与客户端进行通信,周期地发送帧号等同步信息,以实现

同步.另外,处理鼠标、游戏手柄等设备的事件,控制五个虚拟相机同步旋转.

3.3 全景图像到虚拟球面的纹理映射

Ladybug3 全景相机采用后缀为 pgr 的流文件存储全景视频信息,pgr 文件结构如表 1 所示. Ladybug3 全景相机采用周边 5 个、顶部 1 个,共 6 个摄像头进行 360 度全方位拍摄.因此,流文件中的每一帧 Ladybug 图像数据均包含六个摄像头所拍摄的六个图像数据块.

表 1 Ladybug3 全景相机流文件数据结构

Name	Description
文件标签	Ladybug 流文件的标签
数据头	关于流文件的信息
校验数据	相机的校验文件
Image 0	第一帧 Ladybug 图像
Image 1	第二帧 Ladybug 图像
...	...
Image N-1	最后一帧 Ladybug 图像
GPS Summary Data	GPS summary data for the images in this stream file

下面详细说明基于 pgr 流文件的全景图像到虚拟球面的纹理映射方法.

3.3.1 Ladybug 上下文环境配置

Ladybug 上下文环境(LadybugContext),实质是一个无类型指针,可以看成 Ladybug 库的一个实例句柄.对于某一个流文件,在整个处理过程中均使用唯一的一个 Ladybug 上下文环境对象来标识该流文件,并存储该流文件的各项信息.

流文件的 Ladybug 上下文环境对象的配置如下:

(1)根据流文件所包含的信息对 Ladybug 上下文环境对象进行初始化.

(2)根据流文件的图像数据格式配置 Ladybug 上下文环境对象的颜色处理方式.由于流文件中数据采用 JPEG 方式存储;对于每一帧 Ladybug 图像,依次存储每一个摄像头所拍摄的图像数据;对于每个摄像头拍摄的图像数据分为 4 个 Bayer 通道(Green、Red、Blue、Green)分别进行存储.因此,应确定流文件的颜色处理方式为:对图像数据进行下采样,将每个像素点的 4 个 Bayer 像素值转换为一个颜色值进行存储.

(3)配置 Ladybug 上下文环境对象的 Alpha Mask. 全景视频的每一帧均由 6 个摄像头所拍摄的图片拼接而成,为了使 6 幅图像拼接后得到较好的效果,引入 Alpha Mask. Alpha Mask 定义了对于每一个像素点,待拼接的相邻两幅图像的权重. 初始化 Alpha Mask,并使用它配置上下文环境对象. 对于 Alpha Mask 分辨率的设置,由于颜色处理方式是对图像数据进行下采样,因此,Alpha Mask 的分辨率应为每帧图像分辨率的一半. 另外,Ladybug 图像显示时默认不使用 Alpha Mask,因此需调用 ladybug-SetAlphaMasking 方法进行设置.

3.3.2 Ladybug3 全景图像到虚拟球面的纹理映射

Ladybug 上下文环境对象配置后,即可进行全景图片到虚拟球面的纹理映射.

首先,设置图像输出类型为 LADYBUG_SPHERICAL. 这样,在显示时,每一帧全景图像会被映射到一个虚拟球面上.

其次,全景图像数据到虚拟球面的映射. 对于每一帧的 Ladybug 图像,应将 6 个摄像头所拍摄的 6 幅图像映射到一个虚拟球上,具体方法为:调用 ladybugGet3dMap 方法. 代码如下:

```
for(uiCam=0; uiCam<LADYBUG_NUM_CAMER-
AS; uiCam++)
{
    error=ladybugGet3dMap(
    context, //配置好的流上下文环境对象
    uiCam, //摄像头的索引号
    24, //球面中网格的行数
    32, //球面中网格的列数
    textureRows, //图像的分辨率
    textureCols,
    false,
    &arp3dImages[uiCam]);
    _HANDLE_ERROR;
}
```

对于每一帧图像中每个摄像头所拍摄的图像,设置适当的球面网格数,即可实现全景图像数据到虚拟球面的映射.

3.4 全景图像的显示

3.4.1 虚拟相机参数设置

本文使用五个虚拟相机对虚拟球面的各个方位进行拍摄,并将每个相机拍摄所得的图像投影到 CAVE 各个投影幕中. 将虚拟相机置于虚拟球面的中心,通过旋转相机对虚拟球面各个方位进行拍摄,可获取各投影幕的投影图像. 为了实现相机所拍摄的图像覆盖整个球面空间区域,并且各幅图像间能

够无缝地拼接,则相机的拍摄方位、拍摄范围的设置至关重要. 因此,将 5 个虚拟相机的拍摄方位和范围设置为如图 2 所示. 使用虚拟相机 1~4 拍摄水平 360 度的空间,球面中剩余的顶部由相机 5 进行拍摄.

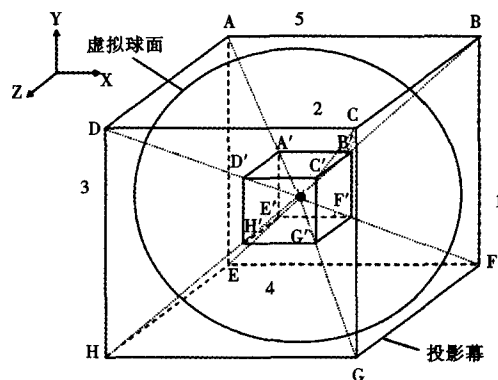


图 2 虚拟相机拍摄方位、范围示意图

根据相机的位置、拍摄方位和范围以及投影幕的尺寸等信息可计算出每个虚拟相机的参数. 下面以图 2 中虚拟相机 1 为例,计算相机参数. 首先,根据图 2 中的信息,可确定:视点位置为原点 O ,视场中心轴为 X 轴正方向,向上的方向为 Y 轴正方向. 其次,由于水平方向的四个投影幕的尺寸为:幕宽 2.4m,高 1.8m,所以,视点距离投影幕的距离为 1.2m,整个视场的宽高比为 4/3,因此再确定相机在竖直方向的拍摄张角即视角即可.

相机在 y 方向的视角 α 为:

$$\alpha = 2 * \arctan((1.8/2)/1.2) = 73.7$$

综上,相机 1 的透视投影矩阵设置及视点等可设置为:

```
gluPerspective(73.7, 4/3, 0.1, 100.0);
```

```
gluLookAt(0,0,0,1,0,0,0,1,0);
```

同理,可计算其它 4 个相机的参数.

3.4.2 Ladybug3 全景图像 CAVE 显示

首先,获取某一帧的全景图像,获取图像的存储类型为 LadybugImage 结构体变量. 为了显示该帧全景图像,必须将图像数据存储到一个 RGB32 型的缓冲区中,调用 ladybugConvertToMultipleBG-RU32 方法可方便地将 LadybugImage 结构体的图像数据转换并存储到一个 RGB32 缓冲区中. 然后,再将缓冲区中的图像数据更新到显卡中,此时,再调用 ladybugDisplayImage 方法即可在屏幕中显示虚拟相机所拍摄的图像画面.

本系统的实现基于 GLUT 应用程序框架,因此,虚拟相机参数以及 glut 投影矩阵等的设置,在

glutReshapeFunc 函数的回调函数中加以实现。在 glutIdleFunc 函数的回调函数中实现获取下一帧图像数据并存储到缓冲区,以及更新到显卡等功能;在 glutDisplayFunc 函数的回调函数中实现投影图像的显示;利用 glutTimerFunc 函数实现间隔特定时间的帧号加 1 功能。

4 结束语

在 CAVE 中每个投影幕对应的计算机中实现以上功能,并使作为服务器的计算机周期地向其它计算机发送同步帧号等信息,便可实现同步地全景视频 CAVE 显示。

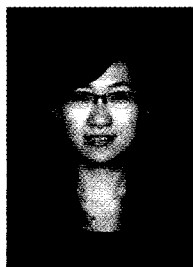
另外,与输入设备交互功能的实现方法如下:在服务器端的程序中,通过注册 glutMouseFunc 和 glutMotionFunc 等函数的回调函数,处理鼠标事件;根据鼠标移动、屏幕分辨率等信息可计算出水平和垂直方向旋转的角度;根据这些角度信息便可重新计算视场中心轴、向上方向等各项信息来可实现图像的旋转。将这些角度信息随同步信息发送至 4 个客户端计算机,便可实现所有投影幕画面的同步转动。

本文的全景视频显示系统应用于所在研究室 CAVE 系统中,该系统成功地实现对所拍摄全景视频的 CAVE 播放。

参考文献:

- [1] 姚素红. 全景显示技术的分析及实现[J]. 南通航运职业技术学院学报, 2005, 12(4): 65-67.
- [2] Ladybug SDK Help [EB/OL]. [2011-03-15] (2011-10-02). http://www.ptgrey.com/products/ladybug3/Ladybug3_360_video_camera.asp
- [3] Richard S. Wright Jr. OpenGL 超级宝典(第二版)[M]. 北京:人民邮电出版社, 2001.

作者简介:



权 巍 女, (1981—), 博士, 讲师. 研究方向为软件复用、计算机视觉.