

虚拟演播室技术*

罗宇华

(西班牙巴里阿列大学数学与计算机科学系)

摘要 虚拟演播室技术是电视、电影节目制作中的一场革命。这项技术把计算机制作的虚拟三维场景作为背景,并与电视摄像机拍摄的演员图象复合起来作图象输出。这就使背景的设计可以用非常经济的手段来实现,脱离了物理条件的限制。演员可以在虚拟的三维景物中自由运动,使电视节目的制作进入了一个新的境界。

关键词 虚拟演播室技术,三维虚拟场景

1 引言

多少年来,彩色切割一直是电视节目制作的一项常用技术。通常用于把前台表演加在不同背景的图象上。刚开始是用于拍摄一些难以在现场完成的表演的场合。后来人们发现这种技术有较大的经济效益,因而其应用范围大为推广。开始用画画的方法或用计算机画出一些二维图象作背景,再加入前台演员的表演。这种技术的问题是背景一旦拍好,三维透视就固定了。前台摄像机在拍摄演员表演时,一旦调好后,就不能再作任何变化。虚拟演播室系统采用了传统的彩色切割技术,但却去除了摄像机固定的致命弱点,从而产生了一项新技术。可以说,这项新技术正在导致整个演播室从技术上、概念上的一场革命。应用这项技术,演员在背景是蓝色幕布的全空的演播室里表演,而真正出现在电视节目里的背景则是由计算机图象合成和动画的方法制作的。背景成象采用真实摄像机的参数,因而和演员的三维透视完全相同,避免了不真实的感觉。由于背景是由计

算机图象合成的,可以迅速变换,且变化万千,不仅大大提高了节目制作的效率和演播室的利用率,而且还能达到物理背景达不到的效果。虚拟演播室系统的原理见图1。

三维虚拟演播室系统一般分为联机 and 脱机两部分。联机系统必须有下面几个部分:一是有传统的“蓝盒子”,即彩色切割系统及周围是蓝色的演播室;二是一个能检测和提供摄像机参数、演员位置等的系统;三是高质量的,能根据摄像机参数实时形成背景图象的图形成象系统;四是把前台的演员图象和虚拟背景图象实时混合的系统。脱机系统一般包括虚拟背景设计和形成,如三维物体的自动建模和

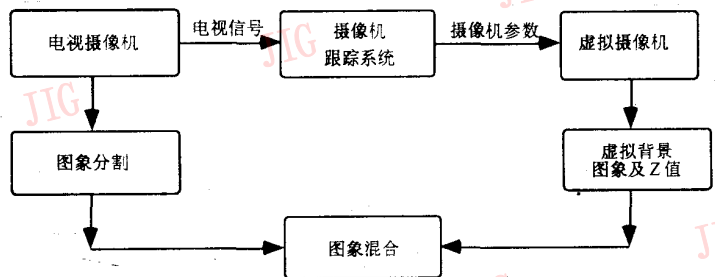


图1 虚拟演播室系统

Fig. 1 Virtual studio systems

场景的构造等。分别叙述如下。

2 传统的蓝盒子系统

当用传统的蓝盒子系统制作电视节目时,演员或电视播音员是在带有深蓝幕布的演播室里演播。利用彩色分割技术,很容易把演员的图象部分从蓝色的背景中分割开来,以便当时或过后配上别的背景图象。这种技术在电影制作中也广泛使用。这种技术的关键是选择一种高饱和度的彩色作为背景色。在彩色切割时这种彩色所在的区域会被背景图象的相应部分所代替,也就是从前台图象得出一个开关信号来控制两路电视信号。开关在前台和背景信号之间切换。要取得好的切割效果,这种彩色必须高度饱和,而且一定不能出现在前台的演员及需要的前台物体之中。光照条件也要非常讲究,详细的内容可以参考文献[1]。

3 摄像机跟踪系统

虚拟演播室系统中的实时部分一定要有一个能检测和提供摄像机参数、演员位置等的系统。因此,虚拟演播室系统中的一项关键技术是摄像机跟踪。两种图象混合的效果取决于虚拟三维背景的立体透视是否能随时跟上电视摄像机的变化。这就需要把摄像机的运动参数实时取出并加入虚拟摄像机的三维背景成象过程中。实用场合有两种可能性,一是使用带编程系统的特殊摄像机,把摄像的运动参数预先定好。在现场拍摄时,把定好的参数同时送入真实和虚拟的摄像机中。这种方法虽然达到二者同步,但明显缺乏灵活性。第二种可能性就是利用图象分析的方法在拍摄期间实时地检测摄像机的运动参数。这就使得摄影师在拍摄时可以随意移动摄像机,且不需要特殊的摄像机。文献[2]中成功地实现了这种可能性。允许的摄像机运动包括水平摇头 pan,垂直转动 tilt,及拉近镜头 zoom 等等。具体是在原来就使用的蓝盒子演播室的蓝色幕布上加上一些稍为有区别的蓝色图案。在现场拍摄时,用图象分析的方法检测其亮度的变化,以求出每一帧图象中由于摄像机运动而引起的水平位移、垂直位移 $\Delta x_t, \Delta y_t$ 及放大系数 Z

的变化。系统的方框图见图 2。

用图象分析方法求取摄像机运动参数的原理,主要是把摄像机的帧间的运动与亮度的时间、空间梯度联系起来。在每一个象素位置都有如下关系成立^[3]:

$$g_t = g_x X + g_y Y + (Z - 1) \cdot (g_x X + g_y Y)$$

其中, g_x, g_y, g_t 为图象亮度于水平、垂直方向及时间上的梯度。 X, Y, Z 则为水平、垂直位移及拉近镜头比例系数的变化。 x, y 为象素在当前图象帧内的座标值。

由于每帧图象中都有大量象素,每点都可以列出一个如上的方程,因而可以得到一个已知条件高度冗余的线性方程组。由此可以求出运动参数的最小均方值。实验证明,为获得可靠的、质量足够好的摄像机运动参数,每帧取 500—1000 个有规律的点即可达到要求。据报导,美国的 Ultimate 公司制造了一种称为 Memory Head 的产品。这种产品在演播室内可以跟踪水平垂直位移及焦距的变化。这种产品已用在好几种虚拟演播室系统中。据文献[4]报导,德国慕尼黑的 SZM 电视节目制作公司是世界上第一家用虚拟演播室作实时广播的电视广播公司。他们用 Vapour 和 IMP/COSS 公司制作的软件已成功地使用可移动的摄像机和虚拟演播室每天作一小时的固定节目广播。

4 高质量的实时背景图象形成系统

虚拟演播室的实时部分还要包括一个高质量的实时背景图象形成系统。在三维图形学中,高质量图象的形成一般有两种办法:一是所谓光线跟踪法,二是辐射法。其中辐射法对虚拟背景图象形成较为合

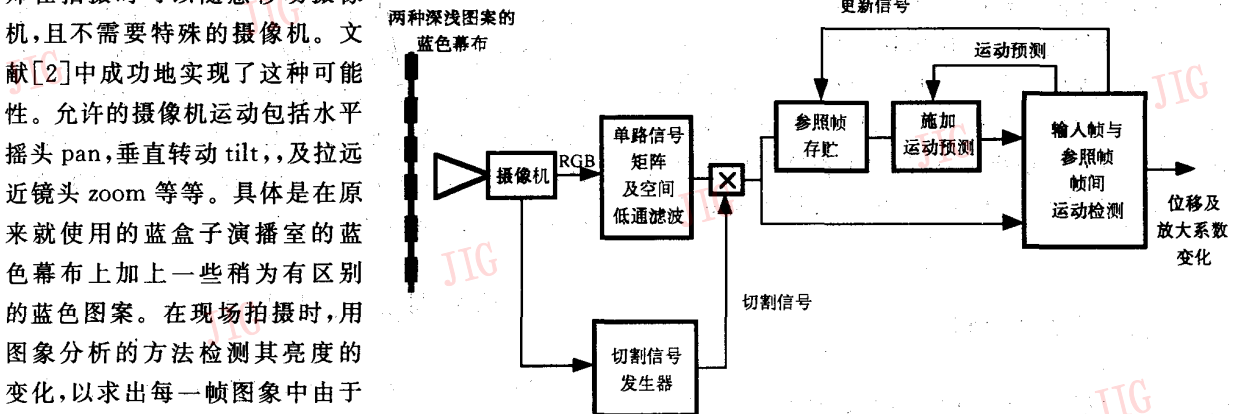


图 2 摄像机的跟踪
Fig. 2 Camera tracking

适。因为这种方法可以支持在大规模的场景内漫游，只要采用计算功能足够强的图形工作站，完全可以实现实时成象。目前一般是采用美国 SGI 公司的 Onyx 图形工作站加上 Challenge 服务器。

为加快成象速度和增加真实感，人们做了大量的工作。例如利用帧相关信息减少成象计算量，加入灯光图象，加入地面的反射影像以及加入影子部分等等。因为图形学对辐射法有比较成熟的方法，这里不作详细介绍。

5 混合系统

实时部分的一个重要功能是把前台演员的图象与背景图象混合起来。文献[5]设计并制造了一个这样的系统，称为 z(景深)混合系统。具体是一块单板，上有一个混合单元及一系列输入输出模板，原理如图 3。

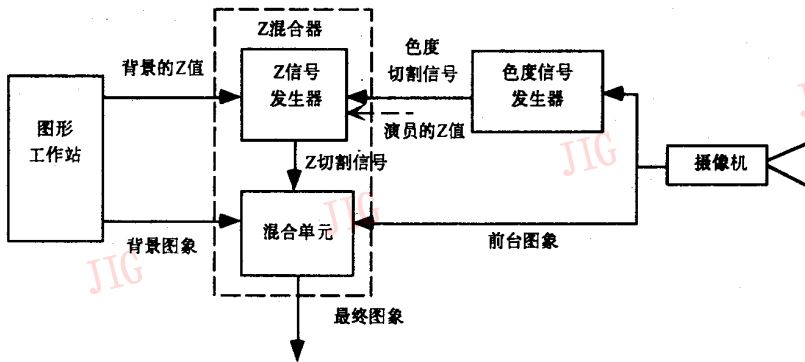


图 3 Z 混合系统的组成

Fig. 3 The composition of Z-mix system

由图形工作站制作的虚拟背景图象每个像素都带有景深的 z 值。前台演员的图象一般不带景深值。虽然理论上可以用激光测距仪或图象处理方法获得，但还不成熟。这里的解决办法是整个演员的位置取单一的一个景深值。在现场混合时，色度信号发生器给出把演员和背景分开的色度切割信号，z 切割信号发生器则对这个信号加以估计并产生出前台演员的 z 值。通过和背景的 z 值比较的结果产生出最终的 z 切割信号。根据这一信号就可以控制混合单元在混合时在前后台信号之间切换。

在混合时还要注意使用软切割信号，以防止切换边界振铃现象的发生。现代的色度信号发生器都有产生软切割信号的功能。遇到一些只有在虚拟演播室才会发生的切换边界，例如虚拟物体挡着演员时，还要用低通滤波等办法才能防止振铃现象的发生。

6 虚拟背景的制作

虚拟演播室系统的脱机部分主要为三维虚拟背景制作软件系统，或者还有三维物体的自动建模系

统(详见下文)。三维虚拟背景制作软件是提供给电视背景设计人员用的。它的主要功能应包括接受各种三维物体模型，对物体作各种操作以满足背景设计的需要。为达到电视图象质量的要求，物体必须有真实感。这就需要功能很强的纹理匹配工具。另外虚拟背景的光照是一大关键，必须有各种灯光模型以供选择。

在三维虚拟背景制作中，自动碰撞检测的功能非常必要。因为所有物体都是虚拟的，把它们放在一起，难免有互相进入或对不准的情况。好的虚拟背景制作软件必须提供这一功能^[6]。另外，动画也是三维背景设计所必需的。因为背景要有变化，就必须用动画来达到。在前台摄像机参数变化时，背景的图象要迅速跟上，本身就是一个实时动画问题。这是虚拟演播室系统的关键技术问题之一^[7]。

7 三维物体的自动建模

用计算机产生的三维虚拟物体作背景需要有大量外形真实的三维物体模型。这类物体模型当然可以用人工在交互式三维建模软件环境下制作，但这

是非常费时费工的工作。但如果有一种直接从自然物体中自动建模的方法,就能使虚拟演播室技术真正走向实用阶段。下面以文献[8]为例介绍这方面的成果。

这种方法是利用固定的摄像机对转盘上的物体拍照,以得到物体在各个方向的图象,再从中建模。方案分为几何建模和表面纹理估计两步。

三维几何建模首先要对摄像机和转盘系统认真校准,得到物体各个方向的图象后,通过三个步骤获得几何模型:第一步是根据各方向图象的外轮廓对一个立体切割,得到一个凸形立体;第二步是用相邻两个视图,利用立体视觉的原理加入凹形信息;第三步是把立体模型变成三维表面模型,一般是三角形网络。

转盘系统的设置见图4。转盘系统的校准可用文献[9]介绍的方法在转盘上放置预知的图案来进行。

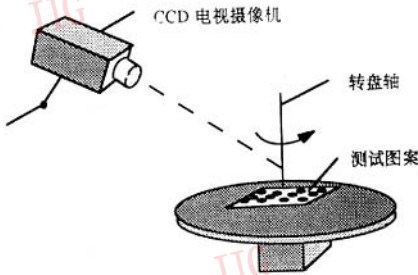


图4 三维建模的转盘系统

Fig. 4 Turning-plate system for 3-D modeling

行。根据摄像机所摄得的图案的变形,就可以计算出摄像机的位置、方位及焦距等。在拍摄时,为使分割容易,背景采用单一颜色,光照也经过细心调整,避免反光的出现。实验证明,每10度拍摄一次,每个物体有36幅图象即可达到要求。根据各方向图象的外轮廓,对一个立体切割可以用文献[10]的方法进行。为解决获得物体凹部信息的问题,可以利用在旋转时相邻两角度所摄图象作立体视图,求出物体表面的深度图,并用邻近的视图对深度图加以改善,以减少误差。把立体模型变成三维表面三角形网络是用在立体表面生成三角形的办法。

为保证物体模型有真实感,可以把原来各个角度拍的图象分成小块,贴回表面的三角形上。这就得到一个又是立体又带有表面纹理的三维立体模型。每小块纹理图象是用求得的摄像机参数,把三角形投影到对应的图象上来获得的。

本文介绍了电视节目制作的一项新技术——虚拟演播室的主要技术要点。虽然还有些部分需要进一步研究,但作为系统,关键技术已经解决并已走上实用阶段。由于得到电视技术界的重大关注,可以预料,这项技术将得到广泛的应用并迅速趋向完善。

参考文献

- [1] Hughes, D., 'Ultimate' Video Travelling Matte, International Broadcasting Engineer, 11, 1980, pp. 22-25.
- [2] Thomas, G. A., Motion-Compensated Matteing, IBC'94 (Amsterdam, The Netherlands), IEE Conference Publication, No. 397, pp. 651-655, Sept. 1994.
- [3] M. Hoetter, Differential estimation of the global motion parameters zoom and pan, Signal Processing, Vol. 16, No. 3, March 1989, pp. 249-265.
- [4] N. Godwin, Virtual Sets revolutionise production economics, International Broadcasting, Jan. 1996, Vol. 19, NO. 1, pp. 23-28.
- [5] A. V. Sahiner, W. Schmidt, G. Thomas, Extended Version of ELSET Demonstrator Hardware, Project deliverable, R2052/QMW/WP42.42/DR/1/082/b1, Nov., 1994.
- [6] Y. Luo, On Collision Response, Proc. of CEIG'95, pp. 313-324, June, 1995.
- [7] Y. Luo, R. Galli, Synchronization of Virtual Camera with TV Studio Camera in Real Time, To appear in IMAGE'COM96, Bordeaux, France, May, 1996.
- [8] Niem, W. Robust and Fast Modelling of 3D Natural Objects from Multiple Views, SPIE Proceedings, Image and Video Processing II, Vol. 2182, 1994, pp. 388-397.
- [9] R. Y. Tsai, A Versatile Camera Calibration Technique for High-Accuracy 3D Machine Vision Metrology Using Off-the-Shelf TV Cameras and Lenses, Journal of Robotics and Automation, Vol. RA-3, No. 4, Aug. 1987, pp. 323-344.
- [10] W. N. Martin and J. K. Aggarwal, Volumetric Descriptions of Objects from Multiple Views, IEEE Trans. PAMI-5, 1983, pp. 150-190.

Virtual Studio Technology

Luo Yuhua

(Math. & Computer Science Dept. University of Balearic Islands 07071 Palma de Mallorca, Spain)

Abstract Virtual studio technique is bringing a revolution in TV and film production. It utilizes 3D virtual scene made by computers as background and combines it with the foreground images of actors in studio in real time. It makes the background design very economic and without physical constraints. Actors can move freely in the 3D virtual scenes. The new technique is taking the TV production into a new area.

Keyword Virtual studio technology, 3D virtual scene

成果报导

中国测绘科学研究院主要科研成果简介

中国测绘科学研究院是一所以全球定位技术、遥感技术及地理信息系统技术研究和应用开发为主的国家重点研究院。它成立于一九五九年,前身为国家测绘局测绘科学研究所,迄今已建成由五所(现代大地测量研究所、摄影测量与遥感应用研究所、地理信息系统与地图工程研究所、地名研究所、测绘科技信息研究所)、二室(测绘技术研究室、专题地图应用研究室)、一站(激光人卫观测站)、一高新技术公司(北京四维分公司)和国家遥感中心资料部、计算中心、国家光电测距仪检测中心组成的完整的测绘科研体系。近年来,该院取得的主要科研成果有:

1、业已建成的“国务院综合国情信息系统”(9202工程)是以国家基础地理信息系统为基础,融地理信息、政务信息和国民经济统计信息为一体的空间信息系统。目前已实现了国务院“全国行政首脑机关办公决策服务系统”与“国家基础地理信息系统”之间的数据通讯,并已在国务院办公厅、秘书局、中共中央办公厅信息中心、国家气象局、国家海洋局、广播电影电视部和山东、山西、河北、江苏、云南、广东、广西等省府办公厅投入试运行。该系统不仅能为高层领导和各级政府决策部门提供宏观分析决策服务,而且还可为各部委的权威数据及国家级项目的科学数据传入国务院提供统一的系统平台和传输辅助决策信息的通道。

2、研制的解析测图仪已于1988年投入批量生产,至今已生产JX3解析测图仪近100台套,国内已有80多家用户,其应用领域包括测绘、铁路、地质、水利、冶金、城市建设等专业,其应用范围覆盖全国25个省、市、自治区,目前已占领国内解析测图仪市场80%,从根本上改变了长期依赖进口的局面,并已打入欧洲和亚洲国际市场,取得较好的经济效益和社会效益。

3、研制的DIPNET数字信息处理网络系统是基于图形

工作站的地理信息处理和管理系统。该系统在1988~1989年连续两次在世界银行委托国家教委组织的招标中中标。至今,DIPNET系统已销售13套,该系统已发展成为一个具有图像/图形处理以及数字摄影测量和GIS功能的软件系统。目前正与芬兰测绘局合作,将该系统进一步商品化以推向国际市场。

4、研制成功的MARSS微型航空遥感系统,其飞行器加仪器舱的总重量小于5公斤。可手上起飞,一般平地着陆,携带方便。该系统可经济便利地完成小区域黑白、近红外、彩色空中摄像,以及黑白、彩色、彩虹红外、黑白红外的空中摄影,可用于环境调查和工程监测,并可为交通、环保、农业、林业、水利、地矿、旅游、考古等多行业服务,具有广阔的市场前景。

5、新近推出的车载GPS/GIS自引导系统和GPS/GIS车船监控管理系统,采用Windows作为软件平台,可同时跟踪多个移动目标,实时显示、记录、查询各移动目标的编号、位置、速度、方向、状态等多种信息,具有预先设定移动路线、自动报警、自动监控等功能,可广泛用于银行、公安、消防、急救、邮车、工程抢险、旅游、出租、运输等特殊车辆的监控管理以及船只在海上航行状态、位置的实时监控。

6、即将推出的JX-4A全数字摄影测量系统由XS-23像片数字化仪,JX-4A全数字摄影测量工作站和JSH-80激光绘图仪三部分组成,具有全数字空中三角测量(允许人机交互)、自动计算正射影像图、全自动数字地面模型采集、自动生成等高线及街角线生成DEM、自动获取线状地物元素、配有图形交时显示、图形化分类实现所见即所得等功能。该系统的推出,将引导测绘生产部门从解析测图逐步起向数学测图模式,从而有效地提高测图生产效率。

(李紫薇)