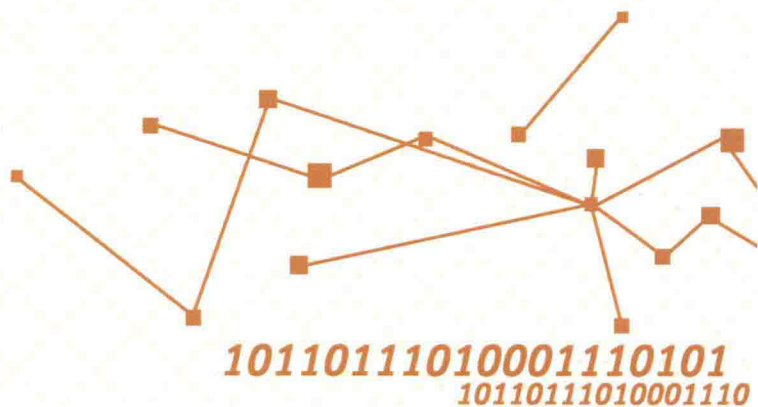




“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学 **精品** 教材



张燕翔 等 / 编著

虚拟/增强现实技术 及其应用

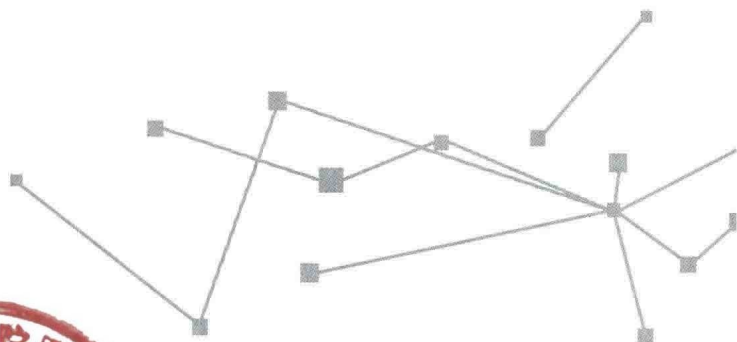
Virtual Reality/Augmented Reality Technology
and Its Applications

中国科学技术大学出版社



“十二五”国家重点图书出版规划项目

中国科学技术大学精品教材



1011011101000111010
10110111010001

张燕翔 等 / 编著

Virtual Reality/Augmented Reality Technology
and Its Applications

虚拟/增强现实技术 及其应用

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了虚拟/增强现实技术的概貌,并且针对其典型应用领域通过翔实的案例介绍了数种重要的应用技术,包括三维全景、Flash3D、WebGL、虚拟物体互动、虚拟场景展示、增强现实、移动增强现实等技术模块。

本书适合数字媒体技术、网络与新媒体等专业的师生及网络新媒体制作人员阅读与参考。

图书在版编目(CIP)数据

虚拟/增强现实技术及其应用/张燕翔等编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2017.1

(中国科学技术大学精品教材)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-04012-2

I. 虚… II. 张… III. 虚拟现实—研究 IV. TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 261236 号

中国科学技术大学出版社出版发行

安徽省合肥市金寨路 96 号,230026

<http://press.ustc.edu.cn>

合肥市宏基印刷有限公司印刷

全国新华书店经销

开本:710 mm×1000 mm 1/16 印张:20.25 字数:390 千 插页:2

2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—3000 册

定价:59.00 元



编审委员会

主 任 侯建国

副主任 窦贤康 陈初升
张淑林 朱长飞

委 员 (按姓氏笔画排序)

方兆本	史济怀	古继宝	伍小平
刘 斌	刘万东	朱长飞	孙立广
汤书昆	向守平	李曙光	苏 淳
陆夕云	杨金龙	张淑林	陈发来
陈华平	陈初升	陈国良	陈晓非
周学海	胡化凯	胡友秋	俞书勤
侯建国	施蕴渝	郭光灿	郭庆祥
奚宏生	钱逸泰	徐善驾	盛六四
龚兴龙	程福臻	蒋 一	窦贤康
褚家如	滕脉坤	霍剑青	

总 序

2008年,为庆祝中国科学技术大学建校五十周年,反映建校以来的办学理念 and 特色,集中展示教材建设的成果,学校决定组织编写出版代表中国科学技术大学教学水平的精品教材系列。在各方的共同努力下,共组织选题281种,经过多轮、严格的评审,最后确定50种入选精品教材系列。

五十周年校庆精品教材系列于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,共出书50种,在学生、教师、校友以及高校同行中引起了很好的反响,并整体进入国家新闻出版总署的“十一五”国家重点图书出版规划。为继续鼓励教师积极开展教学研究与教学建设,结合自己的教学与科研积累编写高水平的教材,学校决定,将精品教材出版作为常规工作,以《中国科学技术大学精品教材》系列的形式长期出版,并设立专项基金给予支持。国家新闻出版总署也将该精品教材系列继续列入“十二五”国家重点图书出版规划。

1958年学校成立之时,教员大部分来自中国科学院的各个研究所。作为各个研究所的科研人员,他们到学校后保持了教学的同时又做研究的传统。同时,根据“全院办校,所系结合”的原则,科学院各个研究所在科研第一线工作的杰出科学家也参与学校的教学,为本科生授课,将最新的科研成果融入到教学中。虽然现在外界环境和内在条件都发生了很大变化,但学校以教学为主、教学与科研相结合的方针没有变。正因为坚持了科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合的方针,并形成了优良的传统,才培养出了一批又一批高质量的人才。

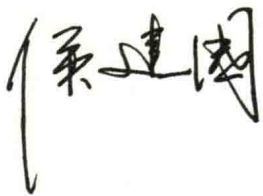
学校非常重视基础课和专业基础课教学的传统,也是她特别成功的原因之一。当今社会,科技发展突飞猛进、科技成果日新月异,没有扎实的基础知识,很难在科学技术研究中作出重大贡献。建校之初,华罗庚、吴有训、严济慈等老一辈科学家、教育家就身体力行,亲自为本科生讲授基础课。他们以渊博的学识、精湛的讲课艺术、高尚的师德,带出一批又一批杰出的年轻教员,培养

了一届又一届优秀学生。入选精品教材系列的绝大部分是基础课或专业基础课的教材,其作者大多直接或间接受到过这些老一辈科学家、教育家的教诲和影响,因此在教材中也贯穿着这些先辈的教育教学理念与科学探索精神。

改革开放之初,学校最先选派青年骨干教师赴西方国家交流、学习,他们在带回先进科学技术的同时,也把西方先进的教育理念、教学方法、教学内容等带回到中国科学技术大学,并以极大的热情进行教学实践,使“科学与技术相结合、理论与实践相结合、教学与科研相结合”的方针得到进一步深化,取得了非常好的效果,培养的学生得到全社会的认可。这些教学改革影响深远,直到今天仍然受到学生的欢迎,并辐射到其他高校。在入选的精品教材中,这种理念与尝试也都有充分的体现。

中国科学技术大学自建校以来就形成的又一传统是根据学生的特点,用创新的精神编写教材。进入我校学习的都是基础扎实、学业优秀、求知欲强、勇于探索和追求的学生,针对他们的具体情况编写教材,才能更加有利于培养他们的创新精神。教师们坚持教学与科研的结合,根据自己的科研体会,借鉴目前国外相关专业有关课程的经验,注意理论与实际应用的结合,基础知识与最新发展的结合,课堂教学与课外实践的结合,精心组织材料、认真编写教材,使学生在掌握扎实的理论基础的同时,了解最新的研究方法,掌握实际应用的技术。

入选的这些精品教材,既是教学一线教师长期教学积累的成果,也是学校教学传统的体现,反映了中国科学技术大学的教学理念、教学特色和教学改革成果。希望该精品教材系列的出版,能对我们继续探索科教紧密结合培养拔尖创新人才,进一步提高教育教学质量有所帮助,为高等教育事业作出我们的贡献。



中国科学院院士
第三世界科学院院士

前 言

虚拟现实技术正在引领着下一代新媒体的潮流。最近几年,虚拟现实的软硬件技术开始火爆起来,并且迅猛地发展着,越来越多的虚拟现实应用也开始走入大众的视野,虽然目前的虚拟现实技术还存在种种局限性,但是虚拟现实世界能够带给人们的无疑是前所未有的震撼体验。然而,纵观目前虚拟现实应用领域的现状,我们不难发现,在这个全新的领域里,火爆的表象之下却难以掩盖一个尴尬的现状,这就是虚拟现实内容的极度匮乏。无论软硬件技术如何发展,它们始终是为内容的呈现服务的,内容的普及与应用程度,也是虚拟现实技术真正体现其价值所在的地方,而内容本身的可能形态又是与技术密切相关的。本书关注基于虚拟现实的内容创作,从目前各种典型的虚拟现实技术出发,深入地研究了相关技术代表性的应用方面,在此基础上进行内容案例的设计与制作,以期能够带给读者从技术到思维的启发。

本书的编写分工如下:张燕翔负责第1、第2、第3、第5、第6、第7、第11章,董东负责第4章,朱梓强负责第8章,樵志负责第9章,朱赞负责第10章。

另外,汪儒、赵勇、叶卉、王君妮等参与了本书部分素材的制作,同时我的家人也对本书的写作给予了大力支持,在此一并致谢!

书中部分图片的原作者没能联系到,请原作者看到后与本书作者联系稿费事宜。

限于时间仓促及水平有限,本书可能存在不当之处,还请读者批评指正,并且欢迎来信联系(邮箱:petrel@ustc.edu.cn)。

张燕翔

2016年9月

目 次

总序	(i)
前言	(iii)
第 1 章 虚拟现实基础	(1)
1.1 什么是虚拟现实	(1)
1.2 虚拟现实技术的发展简史	(2)
1.3 虚拟现实系统的分类	(2)
第 2 章 基于图像的虚拟环境漫游技术	(5)
2.1 全景技术	(5)
2.2 全景拼接	(8)
2.3 其他的拼图技术	(22)
2.4 全景秒拍与全景视频	(28)
2.5 全景的逆向应用	(34)
2.6 基于照片的建模	(35)
2.7 HDRI 图像动态范围优化	(38)
2.8 全景 VR 与建模场景的融合	(42)
第 3 章 基于三维建模的虚拟互动漫游	(43)
3.1 基于建模的虚拟实境开发系统	(44)
3.2 基于 VRML/X3D 的场景虚拟漫游技术	(46)
3.3 基于 Virtools 的虚拟环境漫游技术	(58)
3.4 其他环境虚拟漫游技术介绍	(67)
第 4 章 Flash 3D	(70)
4.1 什么是 Flash 3D?	(70)

4.2	Flash 平台的 3D 引擎介绍	(79)
第 5 章	从 HTML5 到 WebGL	(85)
5.1	HTML5	(85)
5.2	WebGL	(88)
5.3	与 X3D 相关的 WebGL 框架: X3DOM	(92)
5.4	WebGL 框架: Three.js 入门	(104)
第 6 章	3D 立体影像技术	(112)
6.1	从平面到立体的奥秘: 立体影像的原理	(112)
6.2	分离图像: 立体图像的观看技术	(113)
6.3	立体摄像设备及拍摄	(122)
6.4	双眼的延伸: 立体影像的相关理论	(135)
6.5	拍摄获取最佳立体效果的诀窍	(140)
第 7 章	三维输入输出与呈现技术	(146)
7.1	三维激光扫描	(146)
7.2	照片建模	(147)
7.3	3D 打印	(148)
7.4	三维跟踪传感设备	(148)
7.5	动作输入设备	(148)
7.6	3D 声卡	(150)
7.7	3D 立体显示设备	(150)
7.8	头戴式 3D 眼镜	(158)
第 8 章	三维游戏引擎 Unity	(162)
8.1	什么是 Unity3D	(162)
8.2	Unity3D 基础	(162)
8.3	用 Unity3D 实现简易 3D 射击游戏	(169)
第 9 章	三维虚拟物体设计	(197)
9.1	Maya 3D 建模	(197)
9.2	Unity3D 人机交互实现的详细过程	(223)
第 10 章	增强现实	(271)
10.1	增强现实简介	(271)
10.2	增强现实相关技术	(277)

10.3	增强现实的应用	(283)
10.4	增强现实案例应用——Build AR	(291)
第 11 章	移动增强现实	(299)
11.1	多元化的移动增强现实应用	(299)
11.2	移动增强现实游戏开发	(304)
11.3	开放式移动增强现实新框架	(306)
11.4	ARML 语言特征	(306)
参考文献	(311)

第 1 章 虚拟现实基础

1.1 什么是虚拟现实

虚拟现实——Virtual Reality (VR), 早期译为“灵境技术”。虚拟现实是多媒体技术的终极应用形式,它是计算机软硬件技术、传感技术、机器人技术、人工智能及行为心理学等科学领域飞速发展的结晶。主要依赖于三维实时图形显示、三维定位跟踪、触觉及嗅觉传感技术、人工智能技术、高速计算与并行计算技术以及人的行为学研究等多项关键技术的发展。随着虚拟现实技术的发展,真正地实现虚拟现实,将引起整个人类生活与发展的很大变革。人们戴上立体眼镜、数据手套等特制的传感设备,面对一种三维的模拟现实,似乎置身于一个具有三维的视觉、听觉、触觉甚至嗅觉的感觉世界,并且人与这个环境可以通过人的自然技能和相应的设施进行信息交互。

虚拟现实是采用计算机信息技术生成的一个逼真的视觉、听觉、触觉及嗅觉等的感官世界,并且用户可以运用人的自然技能与这个生成的虚拟实体进行交互考察。这个概念有三个关键点:

逼真:虚拟实体是利用计算机来生成的一个逼真的实体。“逼真”就是要实现三维的视觉、听觉,甚至包括三维的触感、嗅觉等;

自然技能:用户可以通过人的自然技能与这个环境交互。这些技能可以是人的头部转动、眼动、手势或其他身体动作;

交互:虚拟显示往往要借助于一些三维传感设备来完成交互动作。常用的设备有头盔立体显示器、数据手套、数据服装、三维鼠标等。

目前,全世界的科技工作者都在为虚拟现实进行着艰苦的努力。相应的数据

手套与头盔等设备已经研制出来,虽然离完全意义上的虚拟现实还有一段距离,但是可以确信的是,在不远的将来,人类的这一理想终会实现。

1.2 虚拟现实技术的发展简史

早在 20 世纪 40 年代,美国就已开始了飞行模拟器的设计。随着计算机技术尤其是计算机图形技术的发展,这种模拟器又发展为大屏幕显示器和全景式情景产生器。1965 年,Ivan Sutherland(被称为计算机图形学之父)发表论文《The Ultimate Display(终极的显示)》,描述了一种把计算机屏幕作为观察虚拟世界窗口的设想,这被看作是虚拟现实技术研究的开端。1968 年,Ivan Sutherland 又提出了头盔式三维显示装置的设计思想,并给出一种设计模型,这奠定了三维立体显示技术的基础。之后此领域一直没有突破性的发展,直到 20 世纪 80 年代初,才由 Jaron Lanier 正式提出“Virtual Reality”这一名词,同时一系列的更完善的仿真传感设备(如头盔式三维显示器、数据手套、数据衣、立体声耳机等)以及相应的计算机软硬件系统也被研制出来了。到了 90 年代,对 VR 技术的研究更加普遍,发展也更为迅速。

1.3 虚拟现实系统的分类

1.3.1 非沉浸式虚拟现实系统

非沉浸式虚拟现实系统也叫桌面虚拟现实系统,此类系统的分辨率较高,成本较低。它采用标准显示器、立体显示、立体声音技术,并可利用多种空间操纵设备(如三维鼠标、空间球、数据手套等)进行操纵。使用时,用户可设定一个虚拟观察者的位置,然后对虚拟对象进行操纵。非沉浸式虚拟现实系统主要用于 CAD/CAM、建筑设计等领域。目前有以下几种类型:

全景视频系统:是用连续拍摄的图像和视频在计算机中拼接建立的实景化虚

拟空间。

基于座舱的系统:作为一种最具历史的虚拟现实模拟器,座舱并不属于完全沉浸的系统范畴。在座舱系统中,参与者可以通过座舱的窗口(由一个或多个显示器组成,用来显示虚拟情景)观看虚拟的世界,同时可以利用一些设备来控制虚拟环境并与其他座舱的人进行交互。

桌面虚拟现实 CAD 系统:是对虚拟世界进行建模,通过计算机显示器进行观察并可自由地控制观察的视点和视角。

基于剧情的虚拟现实系统:此类系统一般可用一些剧情发生器来产生相应的外部信息效果,然后按传统计算机显示方式提供给参与者。参与者可以对数据进行控制并使剧情发生器产生反应。

1.3.2 沉浸式虚拟现实系统

这种系统利用头盔显示器或其他设备把用户的视觉、听觉等感觉封闭起来,然后提供一个新的虚拟的感官空间,使之产生一种身在虚拟环境中却能全身心投入并沉浸其中的错觉。除了基于座舱空间的系统外,此类系统还包括:

基于头盔的系统:根据应用的不同,系统将提供能够随头部转动而随动产生的立体视觉、三维空间声和语音识别能力,由人的肢体提供动作输入(如通过数据手套、数据衣等)。这是一种能够达到完全沉浸感觉的系统。

投影虚拟现实系统:参与者的动作可以实时地与虚拟环境交互。

遥在系统:是一种虚拟现实与机器人技术结合的系统。操作员通过立体显示器获得深度感,或通过头盔与远地的摄像机相连,通过运动跟踪与反馈装置跟踪操作员的运动,反馈远地的运动过程(如阻尼、碰撞等),并把动作传送到远地形成结果。

1.3.3 分布式虚拟现实系统

分布式虚拟现实系统是建立在沉浸式虚拟现实系统和分布式交互仿真技术的基础之上的,目前有两种形式:分布式交互仿真系统(如 SIMNET 交互仿真系统)和赛博信息空间(CyberSpace)。

1.3.4 增强现实系统

增强现实系统主要是为了增强操作员对真实环境的感受。系统采用穿透型的头戴显示器,将计算机图形或其他辅助信息数据与操作员所观察到的实际环境叠

第 2 章 基于图像的虚拟环境漫游技术

2.1 全景技术

2.1.1 全景的概念

传统的虚拟现实系统一般要使用到数据手套、数据服装、头盔显示器和超高速计算机等专用设备。建立这样的虚拟现实环境,无疑是要耗费巨大投资,因而难以普及。在低耗费情况下建立一种高性能的虚拟环境的想法,显然非常吸引人。全景视频(Panoramic Video)就是这样一种耗费低廉、构思巧妙、应用广泛的虚拟现实技术。

什么是全景视频?假定我们在一个室内空间中进行观察,室内空间一般有六个表面,如果我们获取了这六个表面的许多不同距离、不同方位的实景照片,并将它们按照相互的关系有机地连接起来,就可以在视觉上形成对这个空间的整体认识,这就是全景视频的概念。在观察时,我们可以任意地转动观看,也可以改变视点,或是走近仔细观看,由于这些照片是相互连接的,所以,只要照片足够精细,连接得紧密正确,我们就可以获得空间的感觉。同样,无论我们是在野外、海边,还是在复杂如迷宫的博物馆、办公室或航空母舰上,通过建立以实景为基础的全景图像,就可以对我们的周围进行观察。如果辅之以声音,就可以获得较好的随意观察、交互访问的效果。

与其他形式的虚拟现实技术和传统的全景摄影技术相比,全景视频的不同之处主要体现在以下几个方面:

- ① 全景视频不局限于计算机生成的图像,而主要使用在自然界中拍摄到的数

字照片或数字视频,并将它们进行处理后用超媒体的方法加以拼接,建立起联系。由于使用的是实景图像,所以在处理时间上与景物的复杂度无关。当然,全景视频中也可以使用或合成计算机产生的虚景图像。

② 全景视频并不需要真正的视频。因为视频必须要连续播放,所以在早期需要按预定的拍摄路线采用模拟视频的方式连续拍摄,在信息组织时按拍摄路线进行分支安排,如 Aspen Movie Map。但现在的系统采用了数字化技术,实际存储和组织的已经不是视频帧序列,而是不同层次的全景图,不管这个图是来源于视频还是照片。但由于全景视频可以随意移动观察,所以沿袭过去的习惯仍称为“视频”。

③ 全景视频可以将 360° 全景图无扭曲地映射到平面显示器上。从 19 世纪起,摄影师们一直在探索全景技术,但真正的 360° 照片会受到光学扭曲的干扰,除非将它们弯曲成圆柱体并从内部观看,但计算机可以对其图像进行校正,从而纠正这种扭曲。

④ 全景视频没有计算机的协助是不可能实现的。例如,对全景照片的拼接、校正、变形、变换视点、变换焦距等,都需要计算机进行大量的运算和管理。

2.1.2 全景技术发展简史

利用实景来建立虚拟环境,这个想法在 20 世纪 70 年代就产生了。1978 年,MIT 的媒体实验室开发了一个称为 Aspen Movie Map 的项目,首次利用了实景。通过开车穿行 Aspen 这个小城的各个街道,四架摄像机同时拍摄了四个方向的照片,将这些照片连接起来,然后装入到模拟的视盘中,并在每个街道的路口加入了分支的交互手段。播放时,用户可以通过触摸屏和游戏杆来控制自己旅游的速度和去向,就好像自己开车在这个小城里游玩,经过小城的一些有名建筑,能在那里停下来,获取有关建筑物的资料(资料可以是图像、声音、文本、视频等)。同时,地图还提供了一张鸟瞰图作为导航图,用来标志用户地点,提示关键场所和给出全局信息。

1992 年,媒体艺术家 Michael Niemark 实施了“Field Recording Studies”项目,研究将便携式摄像机的图像在计算机里映射到 3D 空间。他首先使用摄像机旋转拍摄获取一个图像系列,然后将它们映射到计算机 3D 空间里以获取全景或电影地图,如图 2.1 所示。

1994 年 6 月,Apple 公司首次推出全景视频产品 QuickTime VR,第一次让人们领略到具有照片质量的虚拟现实环境。它利用软件将环绕空间一周的若干张边缘稍有重叠的照片图像连接起来,组合成一张无缝平滑的 360° 全景图像。它通过

超文本系统 HyperCard 来制作热点,对不同视点的全景图像进行链接。其全景图像在压缩过程中被分成 768×104 个大小块,存储为标准的 QuickTime MOOV 文件,初始时只装入全景图像的一部分,移动时再调入相应的块,它能模拟人在空间的行走、向四周观望等动作,还加入了声音的效果。

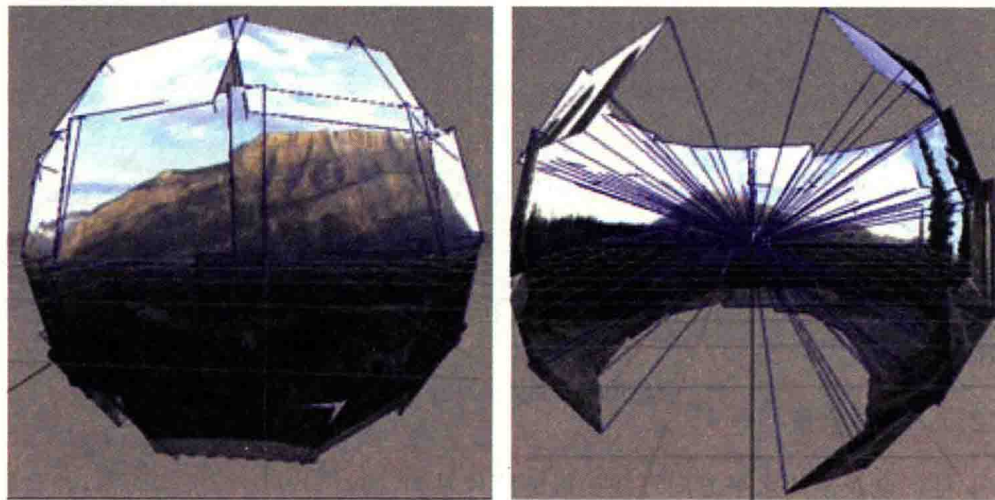


图 2.1 Field Recording Studies

Microsoft 公司在 1995 年 3 月开发出了基于 Windows 系统的全景视频 Surround Video。其功能与 QuickTime Moov 基本相同,但制作全景视频的方法不同。Surround Video 是利用硬件,直接通过全景照相机得到全景图像。其全景图像被分为只有 4 像素宽的块,不压缩存储为 striped DIB 文件,显示时调入相应的数据块即可。

IPIX 公司于 1998 年推出基于球面映射的球形全景制作与浏览系统,为全景的体验带来了更完美的效果,该公司还与 Nikon 公司合作推出了专用于这种全景制作的数码相机鱼镜头,同时申请了关于球面全景技术的专利,并且迫使免费球面全景制作工具的开发者 Dersch 关闭了其相关网页。

1999 年,Apple 公司在 QuickTime VR 的基础上,应用立方体映射技术开发出了与 IPIX 技术一样可以进行完整空间映射的 CubicVR 技术,与球面全景相比,虽然有一定的透视变形,但是由于立方体映射算法比球面映射算法简单,所以浏览时系统消耗低得多,在浏览高分辨率全景时比球面全景流畅得多。