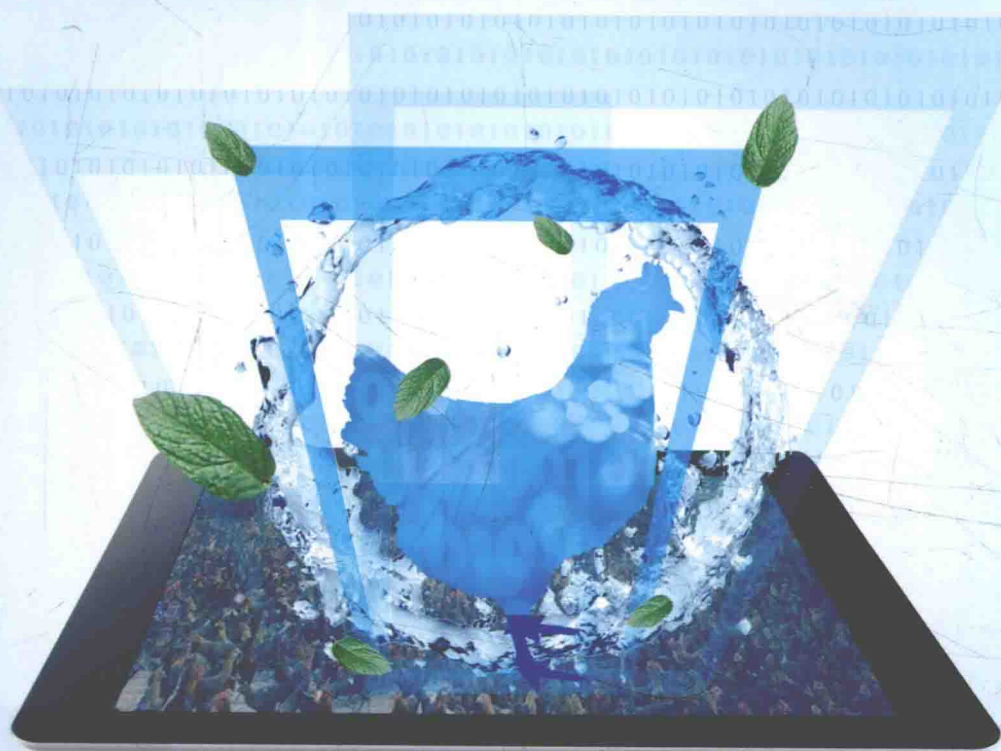


增强现实技术 及其在农业中的应用

ZENGQIANG XIANSHI JISHU JIQIZAI NONGYE ZHONGDE YINGYONG

牛芎洁 李 华 曹 曛◎编著



 中国农业出版社

增强现实技术

及其在农业中的应用

牛芴洁 李华 曹暎 编著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

增强现实技术及其在农业中的应用 / 牛芎洁, 李华,
曹暎编著. —北京: 中国农业出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-109-22359-2

I. ①增… II. ①牛… ②李… ③曹… III. ①虚拟现
实-应用-农业-研究 IV. ①S126

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 272764 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区麦子店街 18 号楼)

(邮政编码 100125)

责任编辑 边疆

北京中兴印刷有限公司印刷 新华书店北京发行所发行

2016 年 9 月第 1 版 2016 年 9 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 8.5

字数: 150 千字

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

前 言

随着智能电子产品运算能力的提升，增强现实技术（AR）的用途越来越广泛，在互联网营销中的应用更是意义显著，极大地提高了客户的体验效果。增强现实技术也逐渐与现代农业相结合，给农业注入新的生机与活力。

随着商业变革的不断持续进行，传统行业被颠覆与重构，互联网营销抢占先机，使得消费者足不出户就能购买到高质量的产品。而农产品则通过互联网营销大大降低了中间信息传递的迟缓程度，极大地提升了农产品的新鲜度，同时避免出现农产品滞销情况，保护了广大农民的利益。

本书的增强现实技术部分要点突出、概念清晰、说明细致透彻，读者能够由浅入深地认识和掌握该技术；互联网营销部分从革新传统营销观念入手，透彻分析了营销环境、营销方式、营销理念等，并以真实的实战案例，为用户提供互联网+增强现实技术的营销升级解决方案。

本书由北京市现代农业技术体系家禽创新团队流通追溯岗位专家李华教授科研团队撰写，从增强现实技术及互联网营销的发展现状及未来的发展趋势等方面开展研究工作，填补了虚拟现实与现代农业结合研究的空白。

本书分五部分，主要内容如下：

第一部分：增强现实概论，包括增强现实的概念发展历程、应用现状及未来前景等方面的内容。

第二部分：增强现实技术，详细阐述增强现实的实现技术及其与现代农业的结合点。

第三部分：增强现实技术与互联网营销，包括互联网营销的发展现状、营销模式及其与农产品营销的结合。

第四部分：客户体验，主要讲述客户体验在互联网营销中的发展地位及几个成功的体验案例。

第五部分：增强现实与互联网营销实例，重点阐述增强现实技术在互联网营销的应用。

本书由牛芎洁、李华、曹暕编著，王兰、黄庐、杨碧波、李悦等同学也参与了编写工作。本书在编著过程中，得到北京市农业局、北京农学院、北京市现代农业技术体系家禽创新团队和北京市新农村建设研究基地等的大力支持，此外，中国农业出版社边疆编辑也提出了许多建设性建议，编者一并表示感谢。

由于编写时间仓促，作者的水平有限，书中难免有不妥之处，敬请广大读者不吝赐教。

编 者

2016年7月

目 录

前言

第一章 增强现实概论	1
一、增强现实概念	1
二、增强现实的构成	2
(一) 增强现实的基本组成	2
(二) 增强现实的技术难点	5
三、增强现实的发展历程	6
四、增强现实与虚拟现实	10
(一) 虚拟现实	10
(二) 增强现实与虚拟现实的区别	12
五、增强现实的应用现状	13
(一) 旅游	13
(二) 教育	17
(三) 现代农业	20
(四) 互联网营销	22
(五) 社交网络	24
六、增强现实的未来前景	26
(一) 增强现实隐形眼镜	26
(二) 仿生学与仿生眼	26
(三) 纳米技术	27
第二章 增强现实技术	28
一、相关的工具和技术	28
(一) ARToolKit	28
(二) 用 BuildAR 创建快速模型	29
(三) DART	30

(四) MAR 跟踪技术	30
(五) 标记技术	31
(六) 少量标记增强现实与 PTAM	32
二、增强现实的元素	32
(一) 软件工具	32
(二) Java 语言	33
(三) 硬件外部设备	35
(四) 摄像机跟踪实现	36
三、增强现实的工作方式	37
(一) 增强现实的功能	37
(二) 增强感知真实环境	37
(三) 增强现实的工作原理	38
(四) 增强现实的基本流程	38
四、增强现实显示技术	40
(一) 手持式显示	40
(二) 平面显示设备显示和投影设备显示	41
(三) 头盔显示器显示	41
(四) 虚拟视网膜显示技术	42
五、增强现实与现代农业	42
(一) 现代农业概述	42
(二) 增强现实农业展示	44
(三) 增强现实卫星探测	44
(四) 增强现实农作物生长追踪	45
第三章 增强现实技术与互联网营销	47
一、互联网营销概念	47
(一) 互联网营销现状	47
(二) 互联网营销定义	49
(三) 与传统营销模式之间的区别	51
(四) 互联网营销的优势	53
二、互联网营销模式	55
(一) 互联网营销特点	55
(二) 互联网营销途径	58
(三) 互联网营销要素	63

三、农产品互联网营销	65
(一) 农产品互联网营销现状	65
(二) 农产品互联网营销关键技术	67
(三) 农产品互联网营销瓶颈	71
第四章 客户体验	74
一、客户体验与消费者行为	74
(一) 客户体验	74
(二) 消费者行为的影响因素	86
二、客户体验对互联网营销的影响	91
三、提高客户体验的手段	94
(一) 客户服务	94
(二) 产品体验	95
(三) 互动体验	96
(四) 运营推广	100
四、客户体验实例	101
(一) Zipcar 的经验	101
(二) Janine Popick 的经验	104
第五章 增强现实与互联网营销实例	109
一、基于增强现实的农产品互联网营销	109
(一) AR 技术在农业中的应用	110
(二) 增强现实技术在营销中的应用	111
(三) 增强现实技术与农产品营销	113
二、基于智慧农业的增强现实未来趋势	120
(一) 增强现实下的智慧农业	120
(二) 我国的智慧农业	124
(三) 我国的智慧农业的建设模式	125
(四) 我国智慧农业存在的问题	125
(五) 我国智慧农业的趋势展望	125
(六) 结语	126
参考文献	127

第一章 增强现实概论

一、增强现实概念

增强现实 (Augmented Reality, AR) 是在发展的虚拟现实技术 (Virtual Reality, VR) 的基础上形成的, 又称为混合技术。与虚拟现实技术要达到的完全沉浸效果不同, 增强现实技术旨在建立一个计算机生成的物体能呈现在现实世界中、虚拟结合的效果, 通过诸如光学透视式头盔显示器 (s-HMD)、配有各种成像原件的眼镜、影仪、普通显示器, 甚至是手机屏幕等多种设备, 为用户实时提供的一个由虚拟信息和真实景物组成的混合场景。

20 世纪 90 年代初期, 波音公司的 Tom Caudell 和他的同事在其设计的一个辅助布线系统中提出了“增强现实” (Augmented Reality, AR) 这个名词。这个系统利用透射式头盔显示器将简单线条绘制的布线路径和文字提示信息实时地叠加在机械师的视野中, 依靠虚拟布线路径和提示信息帮助机械师一步一步地完成一个复杂的拆卸过程, 减少在日常工作中出错的机会。接下来又相继出现了多种增强现实应用系统, 主要集中在医疗、制造与维修、机器人动作路径的规划、娱乐和军事等几个方面。但是由于设备配置的复杂性和精度要求等方面的原因, 所有这些系统都没有真正投入实际应用。自此之后, 增强现实技术受到越来越多人的关注, 多种不同形式的增强现实系统被提出并实现。在 1997 年, Azuma 对上述系统及使用作出了一个详尽的讲解。他认为构建增强现实技术必须具备三个基本要素: 虚实结合、具有实时交互性和三维配准。虚实融合是指同时包含现实自然场景与虚拟场景并正确处理二者间的遮挡与融合以使用户感知正确真实; 实时交互是指实现用户与真实世界中的虚拟信息间的自然交互; 三维配准是指计算观察者视点方位从而把虚拟信息合理叠加到真实环境上, 以保证用户可以得到精确的增强信息。Julie Carmigniani 和 Borko Furht 将增强现实定义为: 增强现实, 直接或间接地通过添加虚拟信息来提高真实环境的实时环境。Lester Madden 提出了更为广泛的定义, 他认为增强现实应该包含五大基本特征: 虚实结合; 提供实时交互; 实时跟踪对象; 提供图像或对象的识别; 提供实时的环境或数据。

基于以上观点, 作者对增强现实的概念做出一个界定: 从狭义上说, 增强

现实技术依靠计算机系统,使用户处于现实环境中又可以感受到虚拟世界,来达到增强认识的目的。这里“虚实结合”中的“虚”是指用于增强的信息,它可以是在合成场景中与真实场景共存的虚拟物体,也可是真实物体的非几何信息如标注和提示等;通过配准技术把增强信息准确叠加到真实环境中,通过显示设备将二者融为一体以给用户展示一个感官上真切并得到增强的新环境;“实时交互”要求用户能在真实环境中借助交互工具与“增强信息”进行互动。通过以上界定,本书认为增强现实概念要求强调用户在现实环境中主体存在性,将获取的视频带回后台进行“增强”处理的做法不应纳入该概念范畴(可以称之为“增强视频”)。此外,从广义上讲,本书认为“增强现实”不应仅局限于对用户视觉上的增强,包括听觉、嗅觉、触觉等全方位的感官上的增强都应纳入其范畴。听觉上,通过提示音、音乐、背景音乐和讲解音等增强效果,例如导航系统的背景解说、工人训练时车间里的背景噪声、特定情况下的警告或提示音。触觉上,通过用肢体可触摸到的物体、工具或者感受的环境来增强效果,例如温度的变化、物体的作用力等。嗅觉上,通过单一气体或者混合气体来增强效果。味觉上,则可通过当看到各种食物时,自动释放出各种人工合成的味道来感受酸、甜、苦、辣。

二、增强现实的构成

(一) 增强现实的基本组成

增强现实技术的首要目标是实现现实场景与计算机生成的虚拟场景无缝融合。为了实现这一目标,主要依靠三大关键技术:成像设备、跟踪与定位技术和交互技术。

跟踪与定位技术也称三维空间注册技术,通过对现实场景中的图像或物体进行追踪和定位,通过计算虚拟世界与现实世界坐标系的对应关系,实现将虚拟物体按照正确的空间透视关系叠加到现实场景确定位置。目前有基于光学或深度摄像机的图像实时识别追踪和基于传感器的物体运动追踪两种实现方式。还存在硬件跟踪器配准技术和视觉计算配准技术混合的配准技术。基于光度或深度摄像机的图像识别追踪的三维空间注册技术,可使用光学摄像机对平面识别标识图像的特征点进行提取,或使用深度摄像机对现实物体的立体轮廓及距离进行识别追踪。这两种方式都可以实时计算虚拟与现实世界坐标系对应关系,并将虚拟物体准确叠加到现实场景中的平面识别标识或者物体上。目前,对平面矩形图形、二维码、自然图形和三维物体的实时识别和跟踪,可以通过光学摄像机实现。通过深度摄像机(如微软的 Kinect 摄像头)可以实现人体

骨骼、轮廓与动作的识别追踪。基于图像识别追踪的三维空间注册技术,适用于不需要特殊硬件辅助的增强现实应用,使用者只需要拥有安装摄像头的电脑、手持移动设备,对准现实场景中的平面图像或者物体就可以获得增强现实展示体验。但此技术对识别追踪的速度、准确性、环境光的适应能力以及对多识别标识同时追踪的容错能力有极高的要求,用以确保增强现实应用的稳定性。目前用于提高基于图像识别追踪增强现实应用性能的主要方法包括:使用图像分割与光流法(optical flow)相结合,实现对快速运动模糊图像中识别标识的高效与准确的运动捕捉;使用位移与旋转运动平滑过滤器减少图像识别误差带来的抖动影响;通过对实时监测真实环境的亮度和图像的亮度阈值的调整,以达到不同光照条件下的自适应能力;通过离线(off-line)平面自然图像特征点和在线训练(on-line),使自然图像识别的速度与适应性取得进一步的发展;优化无浮点运算能力移动平台的算法,提高图片识别追踪计算速度的移动平台,以此来支撑跨平台能力的支持应用。基于硬件跟踪器的配准技术:在硬件跟踪器的配准技术的基础上,基于信号发射机和传感器获得的数据的方法,得到了目标的相对空间位置和方向。根据信号发射装置不同可分为机械跟踪系统、电磁跟踪系统、超声波跟踪系统、光学跟踪系统、全球定位系统跟踪系统等。根据跟踪发射信号是否固定在观察者身上可分为外内型(outside-in)和内外型(inside-out)。总体而言,基于硬件跟踪器的方法系统延迟小。但是由于设备昂贵、难于校准外部传感器,并且受设备和移动空间的制约,不方便安装系统。在硬件条件允许的前提下,结合图像识别与传感器运动捕捉技术混合的三维空间注册算法,可以充分发挥两种技术各自的优势,提高增强现实应用的稳定性与环境适应性。摄像机视频帧捕捉后,首先进行基于图像特征点提取的识别标识识别(recognition)或追踪(track)。如果图像识别追踪成功,即预定义识别标识的特征点可以在视频图像中被准确定位,则可以通过标定了内外参数的摄像机参数计算出用于准确叠加3D虚拟模型的空间变换矩阵;如果跟踪失败是确定的,则通过6DOF运动传感器追踪当前视频帧摄像机的位置与姿态变化,并结合之前一帧已知的3D虚拟模型空间变换矩阵计算当前视频帧对应的新的空间变换矩阵。3D渲染引擎在视频帧图像之上通过计算出的空间变换矩阵移动3D模型或者动画并叠加显示,以实现虚实结合的展示效果。

成像设备技术指的是在观察者的眼睛和真实物体之间的光路上成像的技术。根据光路上成像位置的不同,显示技术可以分为头戴式显示技术、手持式显示技术和空间显示技术。头戴式显示技术(Head Attached Displays)成像在离观察者眼睛4~10厘米处,观察者头部需要戴上显示设备。目前,最常用

的是 S-HMD (图 1-1), 它使用了一种常称为合并器的分光镜, 将液晶显示器上部的影像反射到使用者的眼中, 同时能让周围的光线渗透到 S-HMD。虽原理简单, 可以根据需要制作, 但是缺点也很明显。尺寸大、佩戴不便, 用户在户外实际使用不太方便。Microoptical 公司的 Eyeglass 系列产品是 Microoptical 公司新推出的一款应用增强现实技术的眼镜, 在普通眼镜上安装一个小彩色显示屏, 该装置的重量只有几十克, 但是显示面积太小, 且位置固定, 使其应用受到限制。2000 年, Minolta 公司提出了一个全息部件的眼镜式显示器原型, 它具有亮度高、体积小特点, 但它仍然无法应用于实际情况中。头戴式显示技术的主要缺点是分辨率低、视域受限。第二种为手持式显示技术 (Hand Held Displays), 手持式显示设备成像于离观察者一个手臂远的距离。目前主要有两种: 手持式显示器和手持式投影仪。手持式显示器通常整合处理器、存储器、显示屏和嵌入式交互设备, 如掌上电脑、高端手机等。而手持式投影仪将影像投射在离观察者不远的前方。手持式显示技术主要的缺点是: 处理器性能低、存储容量小、视觉范围小、摄像头精度低, 不能在工作中观察到完全开放的工作。空间显示技术 (Spatial Displays) 将显示设备和人体分离, 并在离人体较远处成像。此类方法不仅脱离了头戴式和手持式显示技术因人体工学而受的困扰, 而且解决了系统供电问题。它能支持高分辨率、宽视域、高亮性和高对比度的影像。根据对真实信息增强方式的不同, 可以分为: 基于桌面显示器的视频透视式显示技术; 空间光学透视式显示技术; 基于投影的空间显示技术。空间显示技术的主要缺点是不可移动性和合成影像精度低。增强现实技术需要在现实三维空间进行人机互动的全新应用场景, 而传统的二维平面空间不能很好地适应。人体动作捕捉或手势识别这一全新的三维空间交互技术, 可以以更准确的方式让用户在真实场景中实现与虚拟物体的交互, 并且配备逐渐成熟的语音识别、3D 虚拟环绕声、虚拟触感反馈等多模态交互技术, 实现了更自然的虚实融合的人机交互形式。

在增强现实的专业应用领域中, 人体运动捕捉和手势识别功能一般由光学动作捕获装置和数据手套装置满足准确的三位空间位置追踪的需求, 由具有集成摄像机的增强现实头戴显示设备 (S-组合) 实现第一视角的交互体验。基于深度摄像机技术的体感设备的普遍提高, 用于娱乐或互动体

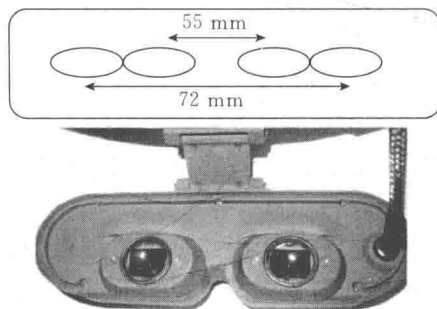


图 1-1 头戴式显示技术 S-HMD

验展示的增强现实应用开始更多地结合这种精度较低的动作捕捉设备,以实现三维空间的虚实互动能力。

(二) 增强现实的技术难点

如今已经有多种工具包用于增强现实技术系统开发和 API (Application Programming Interface), 如 ARToolKit、Coin3D 和 MR Platform 等, 其中 ARToolKit 是一套开放源代码的工具包, 它主要由日本大阪大学的 Hirokazu 博士开发, 用于迅速编写增强现实技术应用。ARToolKit 受到了华盛顿大学人机界面实验室和新西兰坎特伯雷大学人机界面实验室支持, 已成为在增强现实技术领域使用最广泛的开发包。很多增强现实技术的应用都使用 ARToolKit 或在其基础上使用改良创新的版本来进行开发。基于 ARToolKit 使用标记的视频检测方法进行定位, 该工具套件中包含了摄像头校准和标记制作的工具, 它支持将 Direct3D、OpenGL 图形和 vrml 场景归并到视频流中, 并且支持显示器和 S-HMD 等多种显示设备。日本的混合实境实验室开发研究出 MR Platform, 此中包括了一个能减少人眼与头盔上摄像机之间平行度误差的 S-HMD 和一个运行于 Linux 环境下的用 C++ 语言开发的软件开发工具包 (SDK)。这个工具包中提供了摄像机校正用具、视频捕捉、图像检测和应用自由度传感器等开发增强现实技术应用的基本功能。尽管通过十几年的研究, 研究出了以上的许多种工具包, 然而几近全部的增强现实技术系统仍然处于实验室内使用, 研究者曾经思考过增强现实技术在实际应用中面临的一些基本问题, 主要有以下几个方面: 第一是景物的生成与显示, 几乎所有的 S-HMD 设备在通亮的环境下, 其显示的效果都比较暗, 除此之外, 由于头戴式显示器上的摄像机的摄像角度与眼睛的位置存在偏差, 所以定位的虚拟对象在真实视场中的定位和显示角度也会存在偏差, 且很难调整。第二是定位错误, 定位错误拟物体的定位在不可避免, 民用 GPS 一般精度在 3 米到 12 米左右, 在较差的天气中, 最大误差可达 100 米。电子罗盘也会因为附近的磁场干扰产生误差。因为现有很多户外的系统中的校正算法要求大量的输入和琐碎的校正步骤, 因此不适合商业化应用。第三是通信设备, 多数系统都假设在带宽满足的情况下进行操作, 但实际情况并非如此, 在绝大多数分布式增强现实技术应用中, 系统能力都要受制于数据传送的速度。因此在大型协作增强现实技术系统中, 还有赖于通过动态兴趣度管理算法和动作预测算法来降低所需传输的数据量。第四是计算能力, 在户外增强现实技术系统中, 必须尽量减少客户端配置, 数据处理常由便携式计算机, 甚至是依靠掌上电脑来处理, 因此, 如何达到实时性和提高渲染效果是必须面对的一个问题。这也是目前增强现实技术研

究中的热点之一。曾有文献将 ARToolkit 移植到 Pocked PC 上,并通过优化获得了 10~15 帧的速率。在其他的研究中,一个分布式系统也被使用,以移动到一个远程服务器的计算中。

三、增强现实的发展历程

在 19 世纪初,美国作家 Frank Baum 最出名的作品就是《绿野仙踪》,在他的一篇短篇故事《The Master Key》中首次提及到一种增强现实的智能眼镜,虽然存在于童话故事,但这为增强现实技术提供了最早的模板。20 世纪 50 年代,电影摄影师 Morton Heilig 认为电影是一项非常有效地能够调动观众所有感官使之投入荧幕情景的活动,这是增强现实技术的第一次出现。1955 年,Heilig 在《The Cinema of the Future》一书中,描述了他的构想,并在 1962 年实现了他构想的原型,他将此项技术命名为 Sensorama,先于数字计算机技术。1966 年 Ivan Sutherland 发明了头盔显示器,并在 1968 年使用光学透视头盔显示器开发了世界上的第一套增强现实系统,同时也是第一套虚拟现实系统。20 世纪 70 年代到 80 年代,增强现实一直是一些机构的研究热点,例如美国空军的阿姆斯特朗实验室、美国航空航天局艾姆斯研究中心、麻省理工学院、北卡罗莱纳大学等。作为美国空军超级驾驶舱项目的一部分,1986 年, Tom Furness 为战斗机飞行员研制出了支持信息叠加和 3D 音效的高分辨率头盔显示器。直到 20 世纪 90 年代初期,随着波音公司在飞机铺线工作中将材料的虚拟信息添加到工作人员的头盔显示器中帮助工作人员工作,才真正意义上实现了将计算机产生的虚拟信息叠加到真实环境中。在 1990 年, Thomas Caudell,一位来自波音公司的研究员,第一次提出了增强现实(Augmented Reality)这一词汇。随后,增强现实技术的研究引发了社会各界人士的关注,包括越来越多的世界著名科研机构、高校和企业参加到对增强现实技术的基础研究上,并发表了大量论文与科研成果,论证其作为人机交互技术的可行性以及创新性,研究其核心实现算法。随着计算机软硬件计算能力的提高,增强现实技术已经逐渐走出了理论研究阶段,开始进入到实际应用领域,并且有效连接了虚拟世界和现实世界,为人们提供了认知与体验周围事物的全新方式,被美国时代周刊、高德纳(Gartner)咨询公司等权威机构列为未来十大最有前景的技术之一。1992 年, Tom Caudell 和 David Mizell 提出了“增强现实(Augmented Reality)”一词,讨论了增强现实相对于虚拟现实(VR)的优点,并认为增强现实的定位(Registration)技术会得到不断的增强。1993 年,加利福尼亚大学的 Loomis 和他的同事们,开发了一套基于 GPS 的户外

系统,通过音频向智障人士提供导航帮助。到 20 世纪 90 年代中后期,随着移动计算和跟踪设备取得重大突破,哥伦比亚大学开发出了最早用于户外的移动增强现实原型系统——Touring Machine,该系统通过向游客的头盔显示器中添加与游客视野中建筑和文物相关的 3D 图形信息为游客提供游览帮助。1994 年,Paul Milgram 和 Fumio Kishino 撰写了一篇题为“混合实境与虚拟显示分类”(Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays)的开创性论文,在这篇论文中他们定义了“现实——虚拟连续 (Reality - Virtuality Continuum)”的概念。Milgram 的定义被公认为增强现实的定义之一。1997 年, Ronald Azuma 提出了被世人普遍接受的增强现实的定义,这也是首个关于增强现实的报告。2000 年, Bruce Thomas 等人在流行电脑游戏 Quake 的基础上发表了 AR - Quake, 扩大延展了 Quake。这款游戏在室内和室外都能进行,游戏中的鼠标和键盘操作由使用者在实际环境中的活动和简单输入界面代替。2001 年, Kooper 和 MacIntyre 开发出第一个增强现实浏览器 RWWW, 是一个互联网入口界面的移动增强现实程序。这套系统起初受制于当时笨重的增强现实硬件,需要一个头戴式显示器和一套复杂的追踪设备。2003 年, Adrian David Cheok 等人发布真人版的“吃豆人 (Human Pacman)”, Human Pacman 是一套交互式移动娱乐系统,这套系统基于位置和视觉传感的全球定位系统和惯性传感器实现,并配备了蓝牙和电容传感器的触控式人机交互界面。2004 年, Mathias Mohring 等人发表一套基于移动电话的用于追踪 3D 标记的系统。第一次在消费手机上展示了视频穿透式增强现实。2005 年, Anders Henrysson 将 ARToolKit 引入 Symbian 系统,基于该技术他发明了著名的增强现实网球 (AR - Tennis) 游戏,也是第一个运行在移动通信终端的协作式增强现实应用程序。2009 年, Morrison 等人发明 MapLens, 一个配备了移动增强现实技术的地图,将放大镜方式与纸质地图配套使用,这一发明极大地激发了增强现实技术在地图等协作工具方面的潜力。同年, SPRXmobile 发表 Wikitude 浏览器的进化版——Layar 软件, Layar 在 Wikitude 定位技术 (GPS + 电子罗盘) 基础上,结合开发建立了开放的 C/S 平台。Content Layers 等同于普通浏览器的网页, Existing Layers 包括从维基百科、Twitter 和 Brightkite 到本地服务,例如: Yelp、Trulia、店铺地址、附近的公交站、手机优惠券、马自达经销商、观光和自然与环境的指引信息。在同年 8 月 17 日 Layer 向全球推出了 100 项左右的 Content layers 服务。增强现实技术经过几十年的发展,不论是从技术层面还是从应用层面都取得了重大突破。增强现实技术具体发展轨迹如表 1-1 所示。

表 1-1 增强现实发展轨迹列表

年 代	事 件
20 世纪 50 年代	电影摄影师 Morton Heilig 认为电影是一项行之有效调动观众各个感官使之投入荧幕情景的活动。这是增强现实首次出现。
1968 年	1966 年 Ivan Sutherland 发明了头盔显示器, 并在 1968 年使用光学透视头盔显示器开发了世界上的第一套增强现实系统, 同时也是第一套虚拟现实系统。
1986 年	Tom Furness 为战斗机飞行员研制出了支持信息叠加和 3D 音效的高分辨头盔显示器。直到 20 世纪 90 年代初期, 随着波音公司在飞机铺线工作中将材料的虚拟信息添加到工作人员的头盔显示器中帮助工作人员工作, 才真正意义上实现了将计算机产生的虚拟信息叠加到真实环境中。
1990 年	波音公司的研究员 Thomas Caudell 创造了增强现实 (Augmented Reality) 这一词汇, 越来越多的国际知名科研机构、高校和企业投入到对增强现实技术的基础研究上, 并发表了大量论文与科研成果, 论证其作为人机交互技术的可行性以及创新性, 研究其核心实现算法。
1992 年	Tom Caudell 和 David Mizell 提出了“增强现实 (Augmented Reality)”一词, 讨论了增强现实相对于虚拟现实 (VR) 的优点, 并认为增强现实的定位 (Registration) 技术会得到不断的增强。
1993 年	加利福尼亚大学的 Loomis 和他的同事们, 开发了一套基于 GPS 的户外系统, 通过音频向智障人士提供导航帮助。到 20 世纪 90 年代中后期, 随着移动计算和跟踪设备取得重大突破, 哥伦比亚大学开发出了最早用于户外的移动增强现实原型系统——Touring Machine, 该系统通过向游客的头盔显示器中添加与游客视野中建筑和文物相关的 3D 图形信息为游客提供游览帮助。
1994 年	Paul Milgram 和 Fumio Kishino 撰写了一篇题为“混合实境与虚拟显示分类” (Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays) 的开创性论文, 在这篇论文中他们定义了“现实-虚拟连续 (Reality - Virtuality Continuum)”的概念。Milgram 的定义被公认为增强现实的定义之一。
2000 年	Bruce Thomas 等人发布了 AR-Quake, 是流行电脑游戏 Quake 的扩展。这款游戏在室内和室外都能进行, 游戏中的鼠标和键盘操作由使用者在实际环境中的活动和简单输入界面代替。
2001 年	Kooper 和 MacIntyre 开发出第一个增强现实浏览器 RWWW, 是一个互联网人口界面的移动增强现实程序。这套系统起初受制于当时笨重的增强现实硬件, 需要一个头戴式显示器和一套复杂的追踪设备。

(续)

年 代	事 件
2003 年	Adrian David Cheok 等人发布真人版的“吃豆人 (Human Pacman)”, Human Pacman 是一套交互式移动娱乐系统, 这套系统基于由 GPS 和惯性传感器实现的位置和视觉感应, 并配有蓝牙和电容传感器的触控式人机交互界面。
2004 年	Mathias Mohring 等人发表了一套基于移动电话的用于追踪 3D 标记的系统。第一次在消费手机上展示了视频穿透式增强现实。
2005 年	Anders Henrysson 将 ARToolkit 引入 Symbian 系统, 推出了著名的增强现实网球 (AR-Tennis) 游戏, 也是第一个运行在移动电话中的协作式增强现实应用程序。
2006 年	Reitmayr 等人发表了一套用于市区环境的, 基于模型的混合式户外增强现实追踪系统, 能够精确、实时地在手持设备上呈现增强现实。
	Nokia 发表了 Mara, 它是一套用于移动电话的多传感器增强现实导航程序。这套原型程序经由摄像头实时拍摄的连续的取景器图像流, 连同图片和文字覆盖在用户界面上, 给使用者以注释说明。
2007 年	HIT Lab NZ (新西兰 HIT 实验室) 和 Saatchi (盛世广告) 为威灵顿动物园 (Wellington Zoo) 发布了世界第一个基于增强现实的手机广告。
2008 年	Wagner 等人发表了第一个在手机上进行实时景物追踪的实时 6DOF 系统, 其帧率能够达到 20Hz。他们大幅修改了广为人知的 SIFT 和 Ferns 的方法, 使得速度更快且降低了对存储空间的要求。
	Mobilizy 发布了 Wikitude, 一个将 GPS 和数字罗盘数据与 Wikipedia 信息整合在一起的程序。Wikitude 世界浏览器将信息覆盖在 Android 手机摄像头的实时视图上。
	Morrison 等人发表 Map Lens, 一套将放大镜方式与纸质地图配合使用的移动增强现实地图, 展现了增强现实地图作为协作工具的潜力。
2009 年	SPRX mobile 发布了 Layar, 它是 Wikitude 的进化版, 在 8 月 17 日 Layer 向全球推出了 100 项左右的 Content layer 服务。
	Kimberly Spreen 等人开发出 ARhrrr, 它是第一套商业级的高质量移动增强现实游戏。他们使用 NVIDIA Tegra 及其开发套件 (Concorde)。所有除了追踪的处理都交由 GPU 完成, 这使得程序在保持高质量内容和实现自然景物追踪的同时, 在手机级别的设备上也能呈现高帧率。
2011 年	苹果应用商店 APP Store 里有大量增强现实的应用, 它们把虚拟世界投影到我们的日常生活中, 让人们感到神奇无比。Iphone 这样的设备是一个增强现实的实验平台; 有些实验很新颖, 有些很愚蠢、有些则非常惊人, 它们让人看到了未来游戏和娱乐的发展趋势。