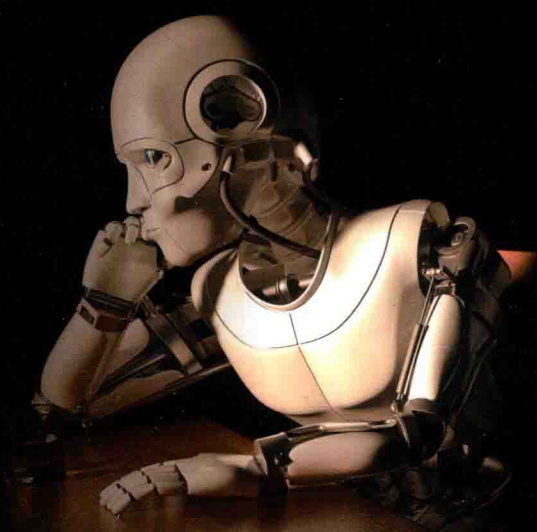




人工智能系列

AR(拡張現実)技術の
基礎・発展・実践

增强现实 (AR)技术权威指南

基础·发展·实践

【日】蔵田武志 清川清 大隈隆史 编著

刘继红 杨洋 译



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

人工智能系列

AR(拡張現実)技術の
基礎・発展・実践

增强现实 (AR)技术权威指南

基础·发展·实践

【日】蔵田武志 清川清 大隈隆史 编著
刘继红 杨洋 译

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry
北京•BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了增强现实技术的基础理论、研究前沿及实际应用。首先,介绍了增强现实的相关概念与技术特点,回顾了技术发展的历史;其次,介绍了增强现实基础性的软/硬件技术,包括基于标识的位置配准和基于自然特征的位置配准方法及头盔显示器、空间型增强现实环境的原理和交互技术;然后,介绍了高级增强现实的研究进展和成果,包括场景建模、光照一致性、自由视点影像、多通道/多感交互增强现实等新技术,以及增强现实在机器人、人物定位、协同工作等领域的创新应用。在实践方面,本书重点介绍了增强现实标准制定工作进展,增强现实平台开发项目及增强现实在医疗、制造业等领域的应用案例。

本书的主要读者为正在从事和准备从事增强现实相关工作的人士,可以作为高等院校计算机、机械、医疗、建筑等专业的教材,也可以作为增强现实技术相关专业的学生开展毕业设计,以及硕士、博士论文研究的参考书目。

本书的内容结构并不要求从头至尾依序阅读,读者可以根据自身对于增强现实的理解程度或必要性择取相应章节阅读学习。

AR (kakuchougenjitsu) gijutsu no kiso hatten jissen

Copyright © Takeshi Kurada, Kiyoshi Kiyokawa, Takashi Ookuma 2015

All rights reserved.

First original Japanese edition published by Kagakujiyoho shuppan Co.Ltd.

Chinese (in simplified character only) translation rights arranged with Kagakujiyoho shuppan Co.Ltd.

through CREEK & RIVER Co., Ltd. and CREEK & RIVER SHANGHAI Co., Ltd.

本书中文简体字版授予电子工业出版社独家出版发行。未经书面许可,不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中任何内容。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2016-9461

图书在版编目 (CIP) 数据

增强现实 (AR) 技术权威指南: 基础·发展·实践/ (日) 藏田武志, (日) 清川清, (日) 大隈隆史编著; 刘继红, 杨洋译. —北京: 电子工业出版社, 2018.3

(人工智能系列)

ISBN 978-7-121-33422-1

I. ①增… II. ①藏… ②清… ③大… ④刘… ⑤杨… III. ①虚拟现实—研究 IV. ①TP391.98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 001645 号

策划编辑: 牛平月

责任编辑: 牛平月

印刷: 三河市华成印务有限公司

装订: 三河市华成印务有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 17 字数: 435.2 千字

版 次: 2018 年 3 月第 1 版

印 次: 2018 年 3 月第 1 次印刷

印 数: 4 000 册 定价: 68.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254454, niupy@phei.com.cn。

前言

<<<<< PREFACE

1. 增强现实

增强现实（Augmented Reality，AR）技术正在快速普及应用。以增强现实作为广告宣传用语的新产品、新服务几乎每日可见。智能手机里有成千上万个增强现实的应用 app，大多数家庭的游戏机控制器也已具备增强现实功能。以谷歌眼镜为代表的智能眼镜更是让人实实在在地感觉到增强现实已经开始渗透到人们的日常生活之中。

那么增强现实到底是什么呢？通俗地讲，增强现实可以理解将为影像叠加在现实世界中从而提供相关方便功能或快乐体验的技术。如果根据目前所看到的产品或服务来判断的话，这样的解释并无大碍。但是，原本增强现实的含义并不仅限于添加相关视觉信息，而是一个范围很广的概念。广义上讲，所谓增强现实是扩展现实世界的技术的统称，也指缘于该技术而得到扩展的现实环境本身。该技术利用计算机对从现实世界获取的“感觉信息”进行“调制”加工，从而改变所获取的部分信息。所谓“调制”，不仅可以包括添加，还可以包括删除、强调、衰减等处理方式。

例如，图 1 所示的是利用增强现实技术评价家具布局方案的应用实例。在室内举起平板电脑，虚拟的家具就会叠加显现在摄像机拍摄的影像上，从而可以对其大小、样式、布置等进行斟酌评判。此时，如果将一个虚拟家具放置在一个已有实物家具的位置上，就会导致实物家具与虚拟家具重置，产生错误结果。如果能用增强现实技术在影像上抹消掉一个实物家具，再换上一个虚拟家具，就能更方便地评判房间的展示效果。再进一步，为了得到更逼真的房间布局仿真效果，用户是否希望能够准确地再现“房间的灯照在虚拟家具上，而虚拟家具的影子又落在地板或周围实物家具上”的情形呢？可见，我们寄希望于利用增强现实不仅可以添加虚拟的信息，还能够随意地调制现实世界的信息以实现某种用途或达到某种目的。

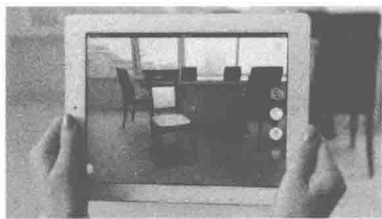


图1 利用增强现实技术评价家具布局方案的应用实例

(图片提供: Augmented Pixels Co.Ltd.)

目前的增强现实技术绝大多数利用的是视觉信息,其次是听觉信息。但是,如果增强现实也能够利用好其他感觉信息,就可以更好地表现虚拟物体。例如,如果既能够呈现发动机的影像和声音,又能够再现其产生的气味或振动,则虚拟乘车的现实感就会大大增强。所以,广义的增强现实应该将视觉、听觉、嗅觉、味觉、触觉等所有的感觉信息当作调制的对象。

2. 增强现实的特征

通过将增强现实同与其相近或相异的概念进行比较,可以更加清晰地理解增强现实的概念。

首先,虚拟现实(Virtual Reality, VR)是与需要调制所有感觉信息的增强现实相近的概念。共同点是两者都旨在最终能够自由自在地产生所有感觉信息;两者也都要求实时进行三维空间场景的信息处理,在感知信息或信息呈现等许多基本技术方面有相似之处。但是,虚拟现实隔绝了从现实世界获得的感觉信息,取而代之的是人为再现的感觉信息,这一点与增强现实有着根本性的区别。

其次,增强现实与可穿戴计算技术的相近之处是,用户在现实世界的各种活动中都交互地利用计算机信息。但是,可穿戴计算并不要求呈现的信息必须与用户所处的现实世界相对应。例如,社交网络软件 SNS 的新消息显示在智能眼镜上,但这并不会对眼前的现实世界产生任何扩展效果。

再者,数字合成技术所带来的视觉效果与增强现实的效果可以匹敌。但最大的不同是,数字合成技术在多数情况下不能实时生成视觉效果,后期制作需要花费大量的人力和时间。

由此可见,增强现实之所以是增强现实,有三个重要因素:①现实世界与虚拟世界双方信息都可被利用;②上述信息可实时且交互利用;③虚拟信息以三维的形式对应现实世界。增强现实的三要素(图2)是1997年由Azuma提出的,作为增强现实的狭义定义已广为人知。

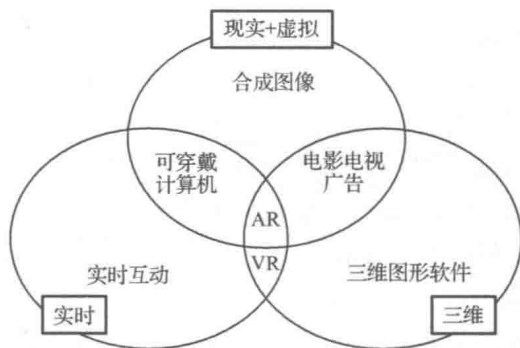


图2 增强现实的三要素

还有一个与增强现实相近的概念，就是所谓的增强虚境（Augmented Virtuality, AV）。增强现实的基础说到底还是现实世界，利用虚拟的信息将其增强扩展；而增强虚境的基础则是虚拟世界，利用现实世界的信息将其增强扩展。例如，给虚拟美术馆里加上再现了实物美术品的虚拟展示物，那么该展示物就使虚拟世界（虚拟美术馆）得到了增强扩展。无论是增强现实还是增强虚境，根据用途或应用的目的，现实世界信息和虚拟世界信息的混合搭配比例差别是很大的。如果一点虚拟信息要素都没有的话，那就单单是现实世界；如果完全丢弃现实世界的信息，只剩虚拟信息的话，则与虚拟现实等价无二。也就是说，如果将现实世界和虚拟现实世界当作两端，那么就可以大致区分出靠近现实世界一侧各层次的增强现实及靠近虚拟现实一侧各层次的增强虚境，由此构成边界并不明确的技术系列。Milgram 等人 1994 年就研究这样一个技术连续体，提出了 Reality-Virtuality Continuum (R-V 连续体) 的概念（图 3）。另外，更广义的一个概念，包括增强现实和增强虚境在内的，某种比例的现实世界与虚拟世界的混合体，则称作混合现实感 MR (Mixed Reality)，或者叫作复合现实感。



图3 R-V 连续体

3. 增强现实的发展

20 世纪 90 年代之前是与增强现实相近的概念和系统缓慢发展的时期。时任美国科学

研究和开发办公室主任 Bush 等人在 20 世纪 30 年代提出的 Memex 概念应该是最早描绘出来的、借助科学技术可以实现的未来增强现实思想。Memex 描绘了利用当时所能想到的最尖端科学技术实现支持人类信息检索活动的一种理想的外部记忆装置。Memex 将书籍、图像、报纸等各种信息存放在微缩胶卷里,只须键入与想要查询信息相关联的代码,相关信息即刻投影在指定的观察位置上。Bush 发表于 1945 年的文章《诚若所思》(As We May Think)描述了一个进一步扩展了 Memex 概念的、能令人联想到类似于现在的万维网或移动虚拟现实的系统。

1957 年, Morton Heilig 设计出了多感觉(多模态)显示器 Sensorama。这是最早的一台能够将立体声、气味、风、振动等各种各样的感觉与胶片影像搭配合成呈现的装置。不过, Sensorama 是机械式的系统,不能动态地编辑其所展示的内容。

1965 年, Sutherland 提出了终极显示器(The Ultimate Display)的设想。该设想最早提出要通过感知用户的行为动作来生成与之同步的计算机影像,让人们能够获得置身于人造三维世界中的体验。1968 年,体现这一设想的光学透视头盔显示器(Optical See-Through Head Mounted Display, OSTHMD)、机械式三维传感器、渲染用计算机等设备面世,实现了与用户行为动作同步的实时三维计算机图形处理。这是第一套完全具备用户行为测量感知、三维场景更新处理、显示器上的信息显示三功能要素的闭环反馈系统,堪称当今增强现实或虚拟现实的鼻祖。

20 世纪 90 年代是梳理增强现实概念、研发基础技术的黎明期。在此时期,增强现实由于实现的成本高昂,因此主要应用于具有相应经济承受能力的军事、医疗、工业制造等领域。1990 年, Caudell 等人将利用透视头盔显示器 HMD 对应用户所处位置显示影像的技术命名为增强现实(Augmented Reality),讨论了该技术的各项优点及其在制造业的应用前景。此后,增强现实的各项单元实现技术的研发日益活跃。例如, 曆本纯一于 1994 年首次研发了以图像图案(二维码)作为标识物的增强现实导航系统 NaviCam(图 4),又于 1996 年提出了将图像图案(二维码)不仅仅当作标识物,还用于作为摄像机与现实环境相对位置姿态识别的增强现实标识(marker) CyberCode。1999 年,加藤博一等人基于上述思想开发了图像标识库 ARToolkit。ARToolkit 是个开源软件,对后来增强现实技术的普及贡献巨大。1998 年, Raskar 等人首次提出了利用投影设备的空间型增强现实(SAR, Spatially Augmented Reality)思想开辟了增强现实的新形态。

2000 年以后,增强现实技术快速普及,在游戏、时装秀等休闲领域得到应用。在这个时期,随着自带摄像头手机的广泛使用,移动终端上的增强现实应用初见端倪。2003 年, Wagner 等人率先实现了移动终端 PDA(Personal Digital Assistant,掌上电脑)的增强现实应用。增强现实真正开始普及还是在 2007 年左右,而得到公众广泛了解则是在 2009 年前后。2007 年,索尼电脑娱乐公司 SCE(Sony Computer Entertainment Inc)发布首款增强现实的消费者游戏“THE EYE OF THE JUDGEMENT(审判之眼)”,2009 年 6 月,谷歌搜索关键词“augmented reality(增强现实)”的关注度第一次超过“virtual reality(虚拟现实)”。

2011 年, 日本任天堂发售增强现实游戏标配的 nintendo3DS 便携游戏机, 越来越多的孩子们平时就能体验到增强现实。



图 4 增强现实导航系统 NaviCam (图片提供: 曆本纯一)

现如今, 不单单是学术领域或产业领域, 消费服务领域的增强现实应用范围也日益扩大。例如, 行车导航、行路定位、化妆体验等日常生活帮助, 报纸、杂志等纸质媒介与智能手机结合的广告媒体, 利用空间型增强现实全息投影技术的演出活动等媒体艺术, 增强现实的应用数不胜数。增强现实未来的发展将在第 6 章进行简单介绍。

4. 本书内容安排

本书的主要读者为正在从事和准备从事增强现实相关工作的人士, 当然, 也可以作为增强现实技术相关专业的学生开展毕业设计, 以及硕士、博士论文研究的参考书目。本书大致内容结构如下。

- 增强现实的定义、特点、发展历史、应用范围 (前言)。
- 基础篇: 介绍增强现实至少要掌握的软/硬件技术 (第 1 章和第 2 章)。
- 发展篇: 介绍实现更高级增强现实所需了解的知识和应用案例, 虽然这些内容并不是典型增强现实应用必须掌握的 (第 3 章和第 4 章)。
- 实践篇: 介绍可供读者参考的实际动手开发时所需的知识和实用现场事例 (第 5 章)。
- 增强现实的未来展望 (第 6 章)。

本书的内容结构并不要求从头至尾依序阅读, 读者可以根据自身对于增强现实的理解

程度或必要性, 择取相应章节阅读学习。

参考文献

- [1] R.T. Azuma. A survey of augmented reality, MIT Press, Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 1997,6(4):355-385.
- [2] P.Milgram and F. Kishino. A taxonomy of mixed reality visual display, IEICE Trans. Information Systems, 1994,EIFD(12):1321-1329.
- [3] I.E. Sutherland. The ultimate display, Proceedings of IFIP Congress, 1965:506-508.
- [4] T.P.Caudell and D.W.Mizell. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes, Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences, 1992:659-669.
- [5] 暦本純一, NaviCam: 実世界状況を認識する携帯型コンピュータ, 情報処理学会プログラミングシンポジウム「モバイルユビキタスコンピューティング」, 1995.
- [6] 暦本純一, 2次元マトリックスコードを利用した拡張現実感の構成手法, インタラクティブシステムとソフトウェア IV, 近代科学社, 1996.
- [7] H.Kato and M. Billinghurst, "Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system", Proceedings of the 2nd International Workshop on Augmented Reality (IWAR), 1999.
- [8] R.Raskar, G.Welch, and H.Fuchs, "Spatially augmented reality", Proceedings of the 1st International Workshop on Augmented Reality (IWAR), 1998.
- [9] D.Wagner and D.Schmalstieg, "First steps towards handheld augmented reality", Proceedings of the 7th International Conference on Wearable Computers, 2003:127-135.

目录

<<<<< CONTENTS

第1章 基础篇（一）	(1)
1.1 基于标识的位置配准	(2)
1.1.1 增强现实的标识	(2)
1.1.2 矩形标识	(3)
1.1.3 其他类型的标识	(7)
1.1.4 随机点标识	(10)
1.1.5 利用微透镜片的标识	(12)
1.1.6 增强现实标识的总结与展望	(16)
参考文献	(17)
1.2 基于自然特征的位置配准	(19)
1.2.1 概述	(19)
1.2.2 利用特征点的识别	(20)
1.2.3 利用特征点的跟踪	(23)
1.2.4 增强现实的实现原理	(25)
1.2.5 评价数据集	(27)
1.2.6 利用深度信息的位置配准方法	(28)
参考文献	(29)
第2章 基础篇（二）	(32)
2.1 头盔显示器	(33)
2.1.1 增强现实与头盔显示器	(33)
2.1.2 头盔显示器的分类	(33)
2.1.3 头盔显示器的设计	(35)
2.1.4 广角视野影像的呈现	(39)
2.1.5 时滞应对	(41)
2.1.6 深度线索的再现	(41)
2.1.7 多通道性	(44)
2.1.8 感知	(44)

2.1.9	今后的展望	(44)
	参考文献	(45)
2.2	空间型增强现实	(47)
2.2.1	几何配准	(48)
2.2.2	光学补偿	(50)
2.2.3	光传输	(52)
2.2.4	利用编码孔径的投影与离焦补偿	(55)
2.2.5	基于多投影器的高分辨成像	(56)
2.2.6	高动态范围投影	(57)
	参考文献	(58)
2.3	交互	(62)
2.3.1	增强现实环境中交互的基本设计	(62)
2.3.2	不同硬件配置的交互方法	(63)
2.3.3	总结	(71)
	参考文献	(73)
第3章	发展篇 (一)	(78)
3.1	场景的形状建模	(79)
3.1.1	基于主动式测量的密集点群获取	(79)
3.1.2	基于被动式测量的点群获取	(84)
3.1.3	点群数据处理及其在增强现实和虚拟现实中的应用	(89)
	参考文献	(94)
3.2	光照一致性	(97)
3.2.1	光照一致性是什么	(97)
3.2.2	光照一致性的构成要素	(98)
3.2.3	光源环境测算技术	(100)
3.2.4	现实物体形状与反射特性测算技术	(101)
3.2.5	AR/MR 的实时渲染技术	(102)
3.2.6	画质的一致性	(105)
	参考文献	(106)
3.3	视图管理与可视化	(108)
3.3.1	注释的视图管理	(109)
3.3.2	Diminished Reality (隐息现实)	(113)
3.3.3	焦点与深度的感知	(114)
3.3.4	小结	(115)
	参考文献	(115)

3.4	利用自由视点影像技术的混合现实感	(117)
3.4.1	自由视点影像技术在增强现实领域的应用	(117)
3.4.2	应用以静止物体为对象的自由视点影像技术的混合现实感	(118)
3.4.3	应用以运动物体为对象的自由视点影像技术的混合现实感	(119)
3.4.4	小结	(126)
	参考文献	(126)
第4章	发展篇(二)	(130)
4.1	多通道/多感交互增强现实	(131)
4.1.1	多通道增强现实	(131)
4.1.2	多感交互增强现实	(138)
	参考文献	(144)
4.2	增强现实与机器人的协同应用系统	(148)
4.2.1	机器人与传感器	(149)
4.2.2	机器人与人机交互界面	(150)
4.2.3	与机器人协同的增强现实技术的可行性	(157)
	参考文献	(158)
4.3	室内外无缝定位	(159)
4.3.1	各种测位方法	(159)
4.3.2	混合定位	(159)
4.3.3	行走轨迹测算(PDR)	(164)
	参考文献	(170)
4.4	基于增强现实的交流	(171)
4.4.1	基于增强现实的协同工作	(171)
4.4.2	使用增强现实的同一地点交流	(177)
4.4.3	利用增强现实的远程异地交流	(179)
	参考文献	(186)
第5章	实践篇	(190)
5.1	绪论	(191)
5.1.1	评价指标的确定	(191)
5.1.2	数据集的准备	(194)
5.1.3	TrakMark: 摄像机跟踪方法对标的标准化活动	(195)
5.1.4	小结	(202)
	参考文献	(204)
5.2	Casper Cartridge	(205)
5.2.1	Casper Cartridge 项目概要	(206)

5.2.2	Casper Cartridge 构成	(207)
5.2.3	Casper Cartridge 开发准备 (硬件)	(209)
5.2.4	Casper Cartridge 开发准备 (软件与数据)	(210)
5.2.5	Casper Cartridge 的选择	(211)
5.2.6	Ubuntu Linux 用 USB 记忆棒的制作步骤	(214)
5.2.7	Casper Cartridge 的制作步骤	(217)
5.2.8	应用 Casper Cartridge 的注意事项	(218)
5.2.9	增强现实程序示例	(220)
5.2.10	增强现实使用的库 (OpenCV、OpenNI、PCL)	(225)
5.2.11	摄像机跟踪性能指标的计算	(228)
	参考文献	(229)
5.3	医疗领域的增强现实应用	(230)
5.3.1	诊疗现场应用	(230)
5.3.2	手术导航	(233)
5.3.3	医疗教育应用	(236)
5.3.4	远程医疗交流应用	(238)
	参考文献	(240)
5.4	产业领域的增强现实应用	(242)
5.4.1	产业领域的增强现实应用事例	(242)
5.4.2	产业增强现实应用系统的性能指标	(245)
	参考文献	(248)
第 6 章	增强现实的未来展望	(249)
6.1	今后的增强现实	(250)
6.2	增强现实的远景	(253)
	参考文献	(255)
作者介绍		(256)

第1章

基础篇（一）

1.1 基于标识的位置配准

1.2 基于自然特征的位置配准

1.1 基于标识的位置配准

1.1.1 增强现实的标识

1. 增强现实标识概述

增强现实标识是增强现实应用中现实世界与计算机图形位置配准所用的标记。虽然也被具体称作“视觉标识（Visual Marker）”或“基准标识（Fiducial Marker）”，但是本章统一简称为“标识”。迄今为止，研究人员已经提出了各种各样的标识，这些标识大多数是矩形的二维黑白图案，现有的标识示例如图 1-1 所示。

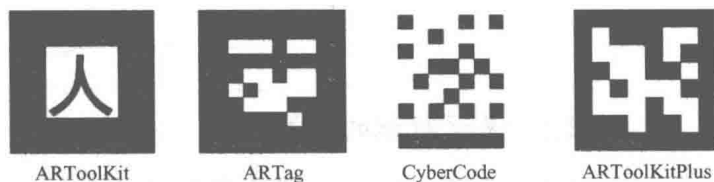


图 1-1 现有的标识示例

利用各种标识特定的图像处理算法，可以从摄像机拍摄到的标识图像中检测出标识的 ID（识别号）以及标识与视点（摄像机）的相对位置和姿态（简称位姿）。也就是说，能够得到由标识所固定的三维坐标空间中视点（摄像机）的位姿。反过来说，视点（摄像机）坐标系中的标识的位姿也可以得到。由此，就能够将计算机图形显示的虚拟物体通过配准位姿，重叠显示在现实世界中，使其如同现实存在一般。标识就是将带有 ID 的局部坐标空间设定于现实世界的视觉工具。

使用标识，需要有标识物（硬件）以及专用的识别处理算法（软件）。本节中，除非特别说明，这个软/硬组合也称作“标识”。

2. 增强现实标识的特征

标识最有价值的功能是，即使位置有所偏离，也能识别出“ID 识别号”和“位姿”。

ID 识别是增强现实应用中存在多个标识时所必须具备的功能。只有能够区分各个标识，才能够实现诸如根据不同的标识显示不同的计算机图形角色、将多个标识组合成一个标识加以处理等应用。

和标识看上去相似的是日本电装公司发明的快速识读（Quick Response, QR）二维码^[1]。但是，QR 码用于信息传递，与只须识别出 ID 即可的增强现实标识相比，能够记录存储的

信息量完全不是一个量级(例如,ARToolKitPlus的6×6格数据存储区的信息量为12比特,而版本为11的QR码61×61格数据存储区的信息量则为2000比特)。因此,QR码的信息识读要求接近图像进行拍摄以便得到更大的图像信息量。另外,QR码并不考虑获得的信息是否可用来检测其位姿。

3. 增强现实标识的发展

增强现实标识的原型可同时识别ID和位姿的二维图案,这在厝本纯一等人开发二维矩阵码^[2]时就基本完成。加藤博一等人的ARToolKit系统^[3](1999)就是利用标识开发完成的。ARToolKit是个开源软件^[4],根据由接在电脑上的摄像机拍摄标识而取得的图像,实时地确定标识的ID以及摄像机与标识的位置关系,从而将虚拟物体合成到标识上。如今,不只是增强现实和计算机视觉的研究开发人员,对于在家里使用个人电脑的普通消费者而言,网络摄像机也已成为普遍存在的工具。在这样一个时代背景下,ARToolKit的公开,使得人们构建增强现实环境,已不再是件难事。ARToolKit在普及增强现实技术和加速相关研究开发方面,发挥了巨大的作用。

ARToolKit系统是用C语言开发的,目前也在进行向其他语言的移植。在Java或安卓系统上运行的NyARToolKit^[5]、在Flash上运行的FLARToolKit^[6]等也在开发之中。此外,增加了更鲁棒的标识识别或改进ID识别功能的ARToolKitPlus^[7]、ARTag^[8]等高级标识系统也在进一步发展中。

4. 基于标识的增强现实系统的基本结构

基于标识的增强现实系统的硬件构成包括标识(印在普通的纸张上)、摄像机(带USB接口的网络摄像机等)、计算机(个人电脑等)和显示器。如果使用智能手机、带摄像机的平板电脑等的话,则等同于将标识以外的三种硬件都集成于一体。

计算机上安装的软件包括标识识别程序 and 对应识别出的标识图形图像内容的处理程序。

为了更加自然和正确地显示图形图像,需要获取摄像机焦距、成像畸变等相关参数信息。这些信息可以通过摄像机标定获得,读入上述的软件便可以进行标识识别处理或图形图像显示处理。

1.1.2 矩形标识

1. 标识识别方法概述

本小节介绍ARToolKit等系统的矩形标识的一般识别方法。标识的识别包括三个步骤:标识区域的提取;标识号ID的识别;位姿的计算。

下面详细介绍各步骤内容。

1) 标识区域的提取

基于图像处理的标识区域确定步骤如图 1-2 所示。

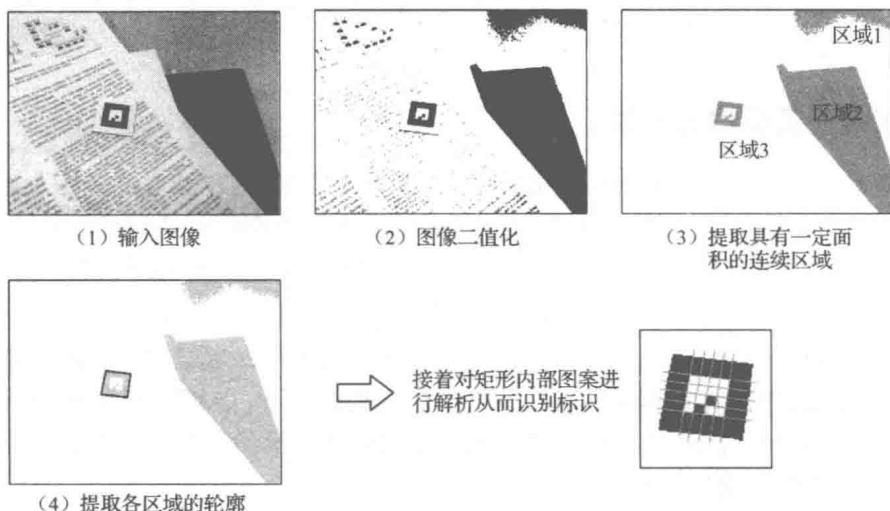


图 1-2 基于图像处理的标识区域确定步骤

首先, 通过图像二值化将输入的图像变换成黑白二值图像, 并通过提取具有一定面积的连续区域 (黑块) 将其分割。提取各区域的轮廓, 其中, 拥有四个顶点轮廓的 (即由四条直线所围成的) 区域就判定为标识区域。如果标识的矩形区域与其他区域混在一起, 则无法区别开来。因此, 设定合适的图像二值变换阈值 (黑白界限的灰度值) 至关重要。此外, 为了区分标识与背景, 最好在标识的周围留出一定的空白区域。

该步骤主要是确定标识区域的形状和大小。但是, 背景里的其他物体, 以及标识以外的矩形区域也经常会被提取出来。所以, 为了提取出真正的标识区域, 还需要执行下一步骤——标识号 ID 的识别。

2) 标识号 ID 的识别 (标识检出)

ARToolKit 系统的标识号 ID 识别是通过将标识框里的图案与已注册的图案图像进行模板匹配而实现的。如果图案不匹配, 则会被识别成带有别的 ID 的标识。用户可以用任意图案制作标识。彩色图案虽然也可以进行匹配, 但容易受到周围光照因素的影响, 所以通常使用黑白图案。ARTag、ARToolKitPlus 等系统的标识号 ID 识别是通过二维码的解码实现的。这种方式实际上就是直接读取标识框里马赛克一样黑白排列的各个单元格子的赋值 (0 或 1), 所以不需要像 ARToolKit 系统那样事先注册一些图案文件 (匹配模板)。

上述匹配方法或解码方法, 由于不能唯一地确定标识在坐标系里的方向, 所以都不能使用点对称的图案。此外, 还需注意, 涉及多个标识时, 不要使用那些经过转动就会与其他标识完全相同的图案。

通常, 标识的形状在图像上看上去并不是正方形, 而是歪的四边形。上述两种标识识