

Prototyping Augmented Reality

增强现实

必知必会的工具与方法

(美) Tony Mullen 著

徐学磊 译



机械工业出版社
China Machine Press

Prototyping Augmented Reality

增强现实

必知必会的工具与方法

(美) Tony Mullen 著

徐学磊 译



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

增强现实：必知必会的工具与方法 / (美) 穆勒 (Mullen, T.) 著；徐学磊译. —北京：机械工业出版社，2013.9

(华章程序员书库)

书名原文：Prototyping Augmented Reality

ISBN 978-7-111-43298-2

I. 增… II. ①穆… ②徐… III. 软件设计 IV. TP311.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 161588 号

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

本书版权登记号：图字：01-2013-0221

Copyright © 2011 by John Wiley & Sons, Inc.

All Rights Reserved. This translation published under license. Authorized translation from the English language edition, entitled Prototyping Augmented Reality, ISBN 978-1-118-03663-1, by Tony Mullen, Published by John Wiley & Sons. No part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyrights holder.

本书中文简体字版由约翰-威利父子公司授权机械工业出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

本书封底贴有 Wiley 防伪标签，无标签者不得销售。

国内首本增强现实类专著，系统讲解增强现实的编程环境、实用工具、核心技术和基本原理；图文并茂、实例丰富，全面讲解 Processing、Blender、Arduino、Flash 等工具以及 jMonkeyEngine、FLARManager、ARMonkeyKit、Android 版 NyARToolkit 等多个用于创建增强现实的第三方库和工具集，可操作性强，无编程经验亦可掌握。

第 1 章涵盖增强现实的概念，一些实用库的介绍，以及标记的创建方法。第 2 章对适用于非程序员的 Processing 编程环境、编程的基础知识做了适当介绍。第 3 章利用开源的 3D 建模和动画软件 Blender 介绍了建模和纹理贴图基础知识。第 4 章继续讲解如何创建增强现实应用所需的带纹理的、低多边形动画角色。第 5 章讲解了 Processing 中的 3D 编程，前述创建的 3D 动画角色的作用。第 6 章利用前面章节所学内容以及 Processing 中专门用于实现增强现实的第三方库，带你走进增强现实的世界。第 7 章介绍 Arduino 微控制器和用于物理计算的编程环境，学习如何创建可接收来自非视频通道的真实世界的数据的增强现实应用。第 8 章介绍 ActionScript 和 FLARManager 来实现基于浏览器的增强现实应用，把你的增强现实创意变成基于 Flash 的浏览器增强现实应用。第 9 章介绍如何利用 ARMonkeyKit (基于开源的 jMonkeyEngine) 进行 3D 增强现实快速原型开发。第 10 章讲解如何安装用于 Android 系统的 NyARToolKit 开发环境，以及如何在 Android 移动设备上运行增强现实应用。附录给出 Blender 2.49 环境到 Blender 2.58 的转换，以及书中用到的 3D 文件格式摘要和导出格式。

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：陈佳媛

北京市荣盛彩色印刷有限公司印刷

2013 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

186mm × 240mm · 14 印张

标准书号：ISBN 978-7-111-43298-2

定 价：59.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991 88361066

投稿热线：(010) 88379604

购书热线：(010) 68326294 88379649 68995259

读者信箱：hzsj@hzbook.com

译者序

最近几年，增强现实已经从一个新兴技术发展为最热门的交互技术之一。增强现实是一项很神奇的技术，使用这种技术可以产生很多非常吸引人的交互体验，例如帮助人们尝试各种新式发型、远程试穿衣服、实时显示产品信息、逼真地演示玩具的玩法等。而且这些还只是增强现实用途的冰山一角，随着时间的推移，增强现实一定会大放异彩。

利用 Processing 编程语言、Blender 动画制作软件以及 Arduino、Flash 等各种开源专用工具，即使只有很少编程经验或者没有编程经验的艺术家和设计师也可以快速学会怎么创建增强现实应用。

本书的主要目的并不是教你怎么编程，而是教你怎么使用增强现实技术开发所需的各种各样的工具，讲解不同的工具、不同的编程环境的功能和优势。然后你就可以根据自己的需求和熟练程度来决定深入学习哪种增强现实开发方式。虽然你不需要编程技巧就能看懂本书的内容，但是如果你想要深入学习其中的一些主题，就需要有一定的编程经验。能够带你入门并激励你进一步深入研究你所感兴趣的方向就是本书的最终目的。

本书内容丰富，能够让你对于增强现实有一个全面、整体的了解。本书从增强现实的基本概念讲起，逐步讲解了 Processing 编程的基础知识，Blender 建模和纹理贴图，Processing 中的 3D 编程与增强现实，Arduino 微控制器和用于物理计算的编程环境，基于浏览器的增强现实应用的创建，以及 jMonkeyEngine、FLARManager、ARMonkeyKit 和 Android 版 NyARToolkit 等多个库。本书的主旨是以尽可能快速和简单的方式去试验和演示增强现实应用，因此本书主要面向的是那些充满创造力，渴望探索，又对增强现实感兴趣的人。同时本书所介绍的有趣的技术和库对于有经验的开发者来说也是非常有价值的，并且本书所涉及的主题的广度能够激发开发者的灵感。本书也适合没有 3D/2D 设计经验的开发者，因为本书既有软件开发的内容，也有 3D 建模的内容。

本书的翻译得到了很多人的帮助，特别感谢机械工业出版社华章公司的编辑们。由于译者水平有限，错误在所难免，恳请广大读者给予批评指正。

前 言

增强现实（Augmented Reality，AR）这个术语描述的是向实时媒体中融入虚拟内容和数据所需的各种技术。增强现实的理念就是在实时媒体中尽可能无缝地融入并不真实存在的东西，以此来增强显示用户周围的世界。这个增强可以是任意形式的，可以在实时场景上覆盖一条文本数据，也可以把完整的、交互性的 3D 图形场景融入真实世界。

增强现实的实现主要依靠两种硬件。一种是能够采集真实世界的信息的硬件，采集的信息包括影像数据、位置数据、方向数据，以及可能的其他形式的数据。另一种是在重现实时媒体时能够融入虚拟内容的硬件，并且要能够以一种有意义的、有用的方式来融入虚拟内容。

随着近年来智能手机的普及，现在几乎每个人的手机上都有令人激动的增强现实功能。这导致人们对于移动平台和一般平台上的增强现实开发的兴趣呈爆炸式增长。随着笔记本电脑和台式机上的网络摄像头的广泛使用，用于营销和创造性用途的基于浏览器的增强现实开始走向繁荣。低成本摄像头和显示器也使人们能够低廉、便捷地建立起实时的增强现实装置，就像乐高（LEGO）公司在他们的一次精彩的基于增强现实的市场营销活动中所做的一样。在这次活动中，增强现实装置安置在玩具店中，当客户把玩具箱子对准摄像头时就能够在显示器中看到完全融入实时摄像头视频中的完整 3D 模型。

增强现实有多个重要的种类，并且每个种类自身又是一个宽泛的主题。当前关于手机增强现实的书籍主要关注利用移动设备的位置（GPS）和方向（加速计）数据来向真实场景添加注释或者融入内容的增强现实。这些应用知道你的智能手机上的摄像头观察的是什么，因为它们知道你的方位，以及智能手机正面对哪一个方向。基于这些数据，就可以把由集中式服务或者其他用户已上传的注释覆盖到你的摄像头场景上。

另一个增强现实方式是使用由摄像头捕获的实际图像内容来确定摄像头观察的是什么，该技术被称为计算机视觉（computer vision）。计算机会处理每个视频帧的每个像素，评估在时间和空间上该像素与相邻的像素之间的关系，并识别图案。此外，当前计算机视觉技术还包括精确的面部识别算法、识别视频中的活动物体，以及识别熟悉的标记（marker）或者使用一个非常强大的算法识别出特定的视觉图案的能力（以一种健壮的方式）。

基于计算机视觉的增强现实技术既可以用于移动设备，又可以用于非移动设备。它既能够用来增强基于位置和方向的增强现实方法，又能够用来创建不会以任何方式依赖某个特定位置的增强现实应用。计算机视觉算法能够用来识别包装材料、产品、衣服、艺术品，或者在其他环境中的很多图案。

本书关注基于计算机视觉的增强现实的技术和工具。除在营销活动及其类似情况中的潜在用途之外，基于计算机视觉的增强现实是非常有趣的，并且在我看来还与魔术有点类似。这就是促使我开始研究这个主题并最终写下本书的原因。我想当前只是对于这个技术的创造性的探索之初，我热切地渴望看到人们对于这一技术进行深入探索。这也是本书更倾向于那些喜欢探索各种可能性的、有创造力的人的原因，这些人还没有在软件方面陷得太深。

为了达到这些目的，我试图保持讨论的技术能够尽可能简单易懂。这就是为什么本书大部分内容是关于 Processing 编程环境的原因。Processing 可能是用于创建视觉、交互程序的最容易理解的一个编程环境。Processing 是开源跨平台的，是专门根据设计师和创意人士的需求设计开发的，即为那些没有必要成为一个高度熟练的程序员的人开发的。Processing 有一条比较平缓的学习曲线，尽管简单但非常强大。除了学习 Processing 中的编程基础知识外，你将会学到怎样使用开源 3D 应用 Blender 来创建 3D 动画内容。本书的这一部分是完全可选的。如果你想继续学习其他章节而不想自己制作，那么可以下载本书提供的 3D 内容文件。

为了使本书尽可能容易理解，我也会讲解基于标记的增强现实技术。标记是为增强现实系统提供容易识别的可打印图案参考点。由于需要使用真实世界中的标记，基于标记的增强现实技术有一些明确的限制。有一种无标记增强现实技术（markerless AR）可以实现一些匪夷所思的事情。无标记增强现实系统能够参考一个视频流中的其他可识别特征来创建增强现实环境。例如，一个无标记增强现实系统可能不需要明确的打印标记就能识别出人脸或者其他物体。

现在的问题是，我所知道的可用的无标记增强现实技术对于非程序员来说并不容易理解。与此相反，我认为若一个基于标记的增强现实工具库的变体则会好很多。这种情况肯定会在将来得到改善。

写作目的

本书的写作目的是全面介绍用于创建基于计算机视觉和标记的增强现实内容的一些最方便、可用的工具。在做这些时，一定量的编程是不可避免的，但是编程不是本书的主要目的。本书将教会你如何使用各种各样的工具，其中每种工具都有不同的功能和优势。虽然有重叠部分，但是每种工具都有一些不同的编程技巧。为了充分利用这些工具，你需要

继续深入学习你所选择的编程环境。市面上有很多讲解 Java 或者 ActionScript 3D 编程的书籍供你参考。

相反，本书将会给予你创建增强现实应用并在计算机（可能是 Android 移动设备）上运行的机会，并教会你关于创建增强现实作品的基础知识。基于增强现实技术，你就可以快速地创建一个交互性的增强现实应用。一些章节会较多地涉及需要实际操作的编程活动，而另一些章节可能更多的只是提供对技术的粗略一瞥。你不需要编程技巧就能看懂本书的内容，但是如果你想要深入学习其中的一些主题，那么就需要有一定的编程经验。

基本上，本书的目的就是要激励你这样做。本书可以使你具有以各种设置创建增强现实应用的潜力。可能基于物理计算的增强现实应用的潜力让你印象深刻；可能你将深入学习 Arduino 和 Processing 环境；可能你会有创建一个基于 Flash 的增强现实游戏的伟大想法；可能你会一头扎进 ActionScript 的学习中；或者可能本书会激励你深入学习 Android 3D 开发。无论何种情况，本书的目的是帮你迈出第一步，而不是最后一步。

读者对象

本书的主旨并不是关于怎么创建精良的、部署就绪的软件，而是以尽可能快速和简单的方式去试验和演示增强现实应用。出于这个原因，本书的主要目标读者是那些有创造力的，渴望探索增强现实的潜力的人，他们会创造带有融合了虚拟和现实场景的、有趣的、交互性的应用。本书会有意避免讲解需要特定编程经验的内容。即使你没有任何编程经验，也能看懂并做一些有趣的事情。

这并不意味着本书对于专业的、经验丰富的开发者来说一点用处都没有。本书对于有经验的开发者的价值主要在于本书所介绍的有趣的技术和库。对于具有 Java 或者 ActionScript 编程经验的人来说，本书可以作为他们进入增强现实世界的跳板。你可能学不到很多你本来不知道的编程知识，但是你将会学到怎么把自己的增强现实创意变成现实。本书所涉及主题的广度使得即使你是一个拥有丰富经验的开发者，也能为你带来有趣的、富有灵感的新东西。

虽然在本书的描述中，我试图避免对于编程经验的假设，但事实是编程是本书所涉及的一切知识的核心。你所拥有的任何编程经验，即使是不同的编程语言，也会非常有用。对于面向对象编程概念的理解将会非常有助于你对本书的理解，并且我确实认为理解本书的内容理所当然地需要一个基本的编程知识水平。如果你还不理解“for”循环的概念，那么你将会发现本书中的很多内容对你来说都是非常神秘的。

对于在本书中讨论的一些技术来说，编程技巧是你继续深入并创建你自己的内容的前提。例如，如果你不了解 Java，那么你根本无法创建自己的 Android 增强现实应用。本书

的目的是循序渐进地介绍某个环境下的增强现实潜力，而不是深入地讲解编程技术。

总之，本书面向的是那些对基于计算机视觉和标记的增强现实技术有兴趣，但又不知道从何学起的人。你能从本书中收获多少取决于你在本书上花费了多少精力。

本书主要内容

以下是对本书主要内容的简单介绍。

第 1 章 增强现实入门 概述了增强现实的概念并概括性地介绍了要在本书后续章节中详细讲解的库。该章还介绍了标记的创建，这个主题与后续所有章节都有关。

第 2 章 Processing 概述 对 Processing 编程环境做了一个由浅入深的、适合非程序员理解的介绍，并在 2D 图形示例中讲解了 Processing 编程的基础知识。

第 3 章 Blender 建模和纹理贴图基础 使用开源的 3D 建模和动画软件 Blender 简要地介绍了建模和纹理贴图。

第 4 章 创建一个低多边形动画角色 第 3 章的基础上继续讲解创建增强现实应用要使用的纹理低多边形动画角色。

第 5 章 Processing 中的 3D 编程 继续讲解 Processing，以介绍 3D 编程以及第 4 章中创建的 3D 动画角色的作用。

第 6 章 增强现实与 Processing 会利用前面章节中所学到的知识，并通过介绍 Processing 中专门用于实现增强现实的第三方库，以带你进入增强现实的世界。

第 7 章 与物理世界交互 会介绍 Arduino 微控制器和用于物理计算的编程环境。你将会学习怎么创建一个能够接收来自非视频通道的真实世界的数据的增强现实应用。

第 8 章 用 ActionScript 和 FLARManager 实现基于浏览器的增强现实应用 讲解如何使用 FLARManager 工具集把增强现实创意变成在线版。FLARManager 工具集用来创建基于 Flash 的浏览器增强现实应用。

第 9 章 用 jMonkeyEngine 进行增强现实原型设计 介绍 ARMonkeyKit。它是一个基于开源的 jMonkeyEngine 的用于 3D 增强现实快速原型开发的强大工具。

第 10 章 安装 Android 版 NyARToolKit 开发环境 讲解如何安装用于 Android 系统的 NyARToolKit 开发环境，以及怎么在 Android 移动设备上运行增强现实应用。

附录 A 从 Blender 2.49 到 Blender 2.58 教你怎么把在第 3 章和第 4 章学到的 Blender 2.49 的建模、纹理贴图和动画概念运用到 Blender 2.58 中。

附录 B 文件格式和导出 提供了本书中用到的 3D 文件格式的简明摘要，还讲解了如何以恰当的格式将内容导出到工作环境中。

在线配套文件

你可以在本书的配套网站上找到本书各个章节的工程文件，地址：www.sybex.com/go/prototypingar。在许可协议允许的情况下，本书网站也提供了书中介绍的软件的下载，以防止这些软件的对应版本在将来变得不可用。

作者联系方式

欢迎你提供对于本书的反馈或者告诉我你想看的书籍。你可以通过如下邮箱联系我：blender.characters@gmail.com。

Sybex 会努力为你提供工作所需的最新工具和信息。请访问本书的配套网站：www.sybex.com/go/prototypingar，如有需要，我们会在这里发布附加内容和更新，以补充本书内容。

致谢

我要感谢策划编辑 Mariann Barsolo、编辑经理 Pete Gaughan、开发编辑 Gary Schwartz、技术编辑 John Nyquist、编辑助理 Jenni Housh 和 Connor O'Brien、产品编辑 Dassi Zerdell、文字编辑 Liz Welch，以及所有 Sybex 公司中对这本书的出版做出贡献的人。我还要感谢那些无私地付出自己的时间和精力创建了书中所使用的开源软件的软件开发者，包括 ARToolKit、NyARToolKit、Processing、Blender 和 JMonkeyEngine 的开发者。其中，特别感谢 ARMonkeyKit 的创建者 Adam Clarkson，感谢他为本书内容所做的贡献。

目 录

译者序

前言

第 1 章 增强现实入门 1

1.1 什么是增强现实 1

1.1.1 增强现实简史 2

1.1.2 增强现实应用 3

1.1.3 原型法的创新性 4

1.2 相关的工具和技术 5

1.2.1 ARToolKit 5

1.2.2 用 BuildAR 创建快速模型 6

1.2.3 DART 6

1.2.4 无标记增强现实与 PTAM 6

1.3 增强现实的必需元素 6

1.3.1 获得软件 7

1.3.2 Java 世界 7

1.3.3 外设硬件 7

1.3.4 标记 8

1.3.5 其他有用物品 9

第 2 章 Processing 概述 12

2.1 Processing 编程环境 12

2.1.1 安装和运行 Processing 12

2.1.2 第一个 Processing 程序 14

2.1.3 交互模式 15

2.2 在 Processing 中绘图 18

2.2.1 原始形状 18

2.2.2 使用 HSB 颜色 19

2.2.3 简单的三角函数 20

2.2.4 综合利用 21

2.3 使用类 23

第 3 章 Blender 建模和纹理贴图

基础 31

3.1 使用 Blender 建模 31

3.1.1 应该使用 Blender 的哪个版本 31

3.1.2 在 Blender 2.49 中创建一个
简单的外星人模型 32

3.2 烘焙一个平滑的环境光遮蔽纹理
贴图 51

3.3 使用 GIMP 创建一个完整的
纹理贴图 56

第 4 章 创建一个低多边形动画

角色 66

4.1 为低多边形外星人模型施加
纹理贴图 66

4.2 为这个外星人模型绑定骨骼 70

4.3 为一个简单的行走循环创建关键帧 75

第 5 章 Processing 中的 3D 编程 81

5.1 P3D 和 OpenGL 环境 81

5.1.1 3D 基本原件 81

5.1.2 使用 OpenGL 84

5.2 使用 OBJ 文件 85

5.2.1 使用 OBJLoader	86	8.3.6 故障排除和更多信息	145
5.2.2 OBJ 绘图模式	89	8.3.7 完整的代码	147
5.2.3 探究 OBJ 文件	90	第 9 章 用 jMonkeyEngine 进行增强 现实原型设计	151
5.3 使用 OBJ 数组的简单动画	91	9.1 jMonkeyEngine 和 ARMonkeyKit 的 介绍	151
第 6 章 增强现实与 Processing	95	9.1.1 版本和区别	152
6.1 NyAR4psg 库	95	9.1.2 关于操作系统	152
6.2 充分利用示例代码	98	9.1.3 准备工作	153
6.3 使用多个标记来控制变换	103	9.1.4 安装 ARMonkeyKit	154
第 7 章 与物理世界交互	109	9.2 探索学习 ARMonkeyKit 框架	159
7.1 使用 Arduino 来做物理计算	109	9.2.1 一个加载 OBJ 模型的示例	161
7.1.1 Arduino 微控制器	110	9.2.2 场景图和节点	162
7.1.2 所需的其他硬件	111	9.2.3 学习代码	168
7.1.3 制作一个增强现实玩具天平	112	9.2.4 其他的功能	171
7.2 传感器和电路	113	9.3 开发者的想法	172
7.3 Arduino 与 Processing 之间的通信	115	第 10 章 安装 Android 版 NyARToolkit 开发环境	176
7.3.1 Arduino 和串口监视器	115	10.1 Android 和 Android SDK	176
7.3.2 Processing 草案的代码	117	10.1.1 你需要什么	177
第 8 章 用 ActionScript 和 FLAR- Manager 实现基于浏览器的 增强现实应用	122	10.1.2 在 Eclipse 中安装 Android SDK	178
8.1 用于 ActionScript 的 FLARManager 增强现实工具集	122	10.1.3 创建一个虚拟设备	182
8.2 配置并运行 FLARManager	123	10.2 Android 版 NyARToolkit	184
8.2.1 安装 FLARManager	124	10.2.1 导入并运行这个工程	184
8.2.2 在 Flash Builder 中建立工程	124	10.2.2 设置你的设备	188
8.2.3 在 FlashDevelop 中建立工程	127	10.3 Android 平台的进一步学习	189
8.2.4 学习 FLARManager 的示例	131	10.3.1 Android 版 NyARToolkit 的 3D 资源	189
8.3 创建你自己的工程	135	10.3.2 学习资源	190
8.3.1 创建一个新的示例	136	附录 A 从 Blender 2.49 到 Blender 2.58	191
8.3.2 3D 内容的导出和导入	136	附录 B 文件格式和导出	204
8.3.3 创建 Collada 文件	137		
8.3.4 添加交互性	141		
8.3.5 FLARManager 的自定义标记	145		

第①章

增强现实入门

增强现实（Augmented Reality, AR）是交互设计的一个令人兴奋的领域，在增强现实中虚拟内容可以无缝地整合到真实场景的显示中。随着可产生有趣的增强现实效果的个人移动设备的兴起，增强现实的巨大潜能开始被发掘出来。本章的目的是帮助你熟悉那些实现增强现实试验和探索所必需的术语、工具和技术。

在本章中，你将学习下面的主题：

- 什么是增强现实
- 相关的工具和技术
- 增强现实的必需元素

1.1 什么是增强现实

术语“增强现实”描述的是一个技术组合，即向真实视频显示中实时融入计算机生成内容的技术。习惯上，增强现实与虚拟现实（Virtual Reality, VR）是不同的概念，虚拟现实是指创建完整的、身临其境的 3D 环境，而增强现实是指使用各种硬件技术来创建一个基于真实世界的、带注解的或者“增强的”复合场景。

有多种方式可以实现真实世界与虚拟内容之间的交互。可以通过使用图像处理和计算机视觉技术让计算机生成元素与影像内容进行逼真的交互。大部分当前基于计算机视觉的方法是依赖预先确定的物理标记来让计算机视觉系统获得它在可视 3D 空间中的方位。图 1-1 展示了一个增强现实例子。这个例子中的 2 个 3D 模型是使用打印标记（printed marker）来控制的。也存在不需要做特定标记的增强现实系统，这种系统称为无标记增强现实系统（markerless system）。无标记增强现实系统是一个不断进步的研究领域，并且在不远的将来，不需要标记的强大视觉增强现实系统必将获得广泛应用。

不基于视觉增强现实方法在智能手机平台上日益普及。这些方法会使用设备的全球定位系统（GPS），或者其他位置跟踪数据和加速计数据来确定这个设备位于哪里，以及正面向哪一个方向。标签和注释就是基于这些信息叠加到场景上的。这些方法是多个地理注释服务的基础，比如 Layar 是用来注释位于荷兰的位置的；Mixare 是一个开源的混合增强现

实引擎，目前提供关于瑞士的数据；Wikitude World Browser 服务可以让来自全世界的人贡献定位数据。



图 1-1 使用 3D 模型增强的实时视频

本书主要关注的是基于计算机视觉的增强现实。你将会学习到怎么使用物理标记来向实时的视频中混入计算机生成的 3D 内容。本书并没有深入介绍基于位置和加速计的增强现实。但是，本书后面的章节会提供与这些技术相关的链接和参考，比如第 10 章。

1.1.1 增强现实简史

增强现实技术起源于早期计算机科学中的计算机界面研究。人们已经在电影和科幻小说中熟悉了增强现实的很多主要概念，这个最早可以追溯到《终结者》（1984）和《机械战警》（1987）。两部电影的主演都是半机械人，都是通过在他们的视觉系统上覆盖一连串的注解和图形来增强显示他们所观察到的世界的。

在接下来的十年中，使用增强现实的实用系统开始被开发出来。术语增强现实是由波音公司的研究人员 Tom Caudell 在 1990 年创造出来的。20 世纪 90 年代初期和中期，Caudell 和他的波音公司的同事都在开发头戴式显示系统，以使工程师能够使用叠加在电路板上的数字化增强现实图解来组装整理这个电路板上的复杂电线束。由于他们虚拟化了布线图，因此这极大地简化了之前使用大量不灵便的印刷电路板的系统。

在整个 20 世纪 90 年代，业界相继开发出了工业和军事增强现实应用。但是实现实用的增强现实显示的技术要求使这个技术无法走近大多数用户，比如笨重、昂贵的头戴式显示设备。

人们做过多次艺术与增强现实技术的结合试验。1994 年的第一个增强现实戏剧作品

的产生要归功于艺术科技先锋 Billy Klüver 的妻子和合作者 Julie Martin。这个作品叫做 *Dancing in Cyberspace*，在这个作品中，舞者会与投影到舞台上的虚拟内容进行交互。

在 20 世纪 90 年代末期，Hirokazu Kato 创建的 ARToolKit 是增强现实的另一个重大进步，它是一个用于创建增强现实应用的强大工具库。ARToolKit 有助于让增强现实技术的设计师和开发者受众变得更广泛，并且它提供了本书中涉及的很多技术的基础。

1.1.2 增强现实应用

尽管可以使用 ARToolKit，但是增强现实应用的潜力迟迟没有被充分发掘出来。最大的一个原因是获得增强现实界面的好处所需的苛刻硬件要求。用户显示器必须既能包含摄像头数据，又能包含来自运行增强现实应用的计算机处理器的数据。就在几年前，即使在家用桌面设备上也无法实现这个结构，在家用移动设备中更是闻所未闻，直到类似 iPhone 和 Android 系列手机的智能手机的兴起。这些智能手机以及接下来兴起的平板电脑市场帮助开创了增强现实编程行业的一个新时代。有了智能手机和平板电脑，用户就能一直随身携带一个集成摄像头和计算机，这开启了增强现实应用的很多有趣的新的发展可能。

无论是通过使用移动应用还是通过带有网络摄像头的计算机上的浏览器界面，在用户自己的设备上给予用户一个迷人的增强现实体验已经变得比以往更加容易，并且发展潜力不止于此。Hallmark、Adidas 以及很多其他公司都开展过增强现实营销活动。在 2010 年，玩具制造商乐高公司创建了一个开创性的增强现实营销活动销售点。在销售乐高玩具的玩具店里面放置计算机屏幕，购物者可以通过在屏幕前举起一个玩具盒子来在屏幕影像中查看完整乐高模型的 3D 虚拟图形。这个活动是一个非常有效的销售点宣传活动，同时由于购物者把他们自己的购物体验视频发到了网上，这个活动还引起了极大的在线关注。正如将在第 7 章讨论的，通过物理计算（physical computing）来探测备用接口能够进一步增加增强现实的潜力。

多个趋势正导致增强现实行业的爆炸式增长。其中的一个趋势是计算机视觉技术的稳步提高，这个技术可以让开发者实现更加细小的、更加不明显的、更加粗糙的标记的识别，甚至实现完全不需要标记的增强现实技术。另一个趋势是用于实现增强现实的显示技术的快速提高，包括头戴式显示器和基于投影的显示器，以及手持移动设备。

头戴式显示器实质上是摄像头和显示屏的组合，戴起来就像是护目镜或者眼镜。眼睛透过它看到的可能是一个完全数字化的、不透明的来自摄像头的视频图画，也可能是透明的、在真实世界的画面上覆盖数据的画面。头戴式显示器非常适合增强现实应用，并且正变得越来越轻便、小巧、廉价。从长远来看，随着可穿戴计算机的日益普及，头戴式显示器可能会越来越普遍。

也许更有趣的是最近基于投影机的增强现实显示器的尝试。基于投影机的显示器会使

用投影机来向真实世界的表面上直接投影图像或者文本。在合适的环境下，这种方法非常灵活。基于投影机的显示器可以以头戴式显示器或者移动设备无法完成的方式一次向一大群人呈现增强现实环境。小巧、可穿戴的投影机还可以用于创建个人增强现实环境。

根据特定的应用环境，可能会有其他的显示方法。可以使用用于汽车和飞机的机载增强现实应用向仪表盘显示器添加虚拟内容；可以使用在线的、基于浏览器的增强现实应用来为一个网站的访问者提供有趣的、交互性的体验，就像 Hotels.com 网站的在线广告一样，参见图 1-2。



图 1-2 Hotels.com 的 virtualvacay.com 网站所提供的交互性的增强现实内容

从增强现实的角度来看，最近物理计算的流行度的增加也是非常有趣的。在过去几年，我们看到了简单、开放的物理计算平台的惊人发展。这些平台是由特定硬件规格的可编程微控制器和用来编程控制这些微控制器的高级 API 组成。其中最有名的平台是 Wiring、Gainer 和 Arduino。这些平台中，最通用、使用最广泛的是 Arduino。使用类似 Arduino 的物理计算平台，你可以使用电子传感器作为输入来编写能够与真实世界交互的应用。这天生适用于增强现实，它加深了增强现实应用的感官潜力。有了物理计算，你能够处理和编程控制的“现实”就远不止是视频了。

1.1.3 原型法的创新性

原型法是指创建系统或设备的原型或者工作演示。原型法通常与硬件构造的创新相

关。在制造或者大量生产一个新发明之前，是值得并且通常有必要先制作一个能够正常工作但较粗糙的试验品来做演示的。从移动电话到汽车的很多产品，通常都需要在它们的设计过程中完成一个原型设计步骤，以此来测试和演示其技术特点。在电子学中，使用一个临时的原型板或者电路实验板来做原型设计，可以建立一个用来测试的能够正常工作的电路，从而使电路设计师避免过早焊接一个固定的电路而浪费材料。这些相同的原则正越来越适用于软件设计。很多人并不是专业的程序员，但会有有趣、创新的软件想法。类似 Processing 编程环境的软件原型设计工具就是为这些人创造的。就像一个发明家可以设计一个设备的原型以寻求资金并在某一天实现大量生产一样，一个艺术家或者设计师也可以先设计一个应用或者软件环境的原型，之后再用一个更加强大或者快速的语言完成这个应用或者软件环境的专业实现。

交互性系统和环境实际上可以受益于简单的原型设计工具。交互设计师可能需要在不用处理底层的类似软件编译和组建的令人头疼的事情的情况下快速、简单地搭建起一个增强现实演示。

增强现实领域存在巨大的创新空间。我的目的是向尽可能多的有创造力的人介绍增强现实的基础工具，以促进他们的试验和探索。出于这个原因，我会讲解各种各样的应用环境和显示模式。

1.2 相关的工具和技术

对增强现实感兴趣的开发者有很多软件技术可用，从商用专有解决方案到开源但是有很少或者没有专业支持的项目，甚至是两种类型的结合。在本书中，我选择的都是适度简单的、廉价或者免费的、有很少限制的、通用的但仍然能够实现非凡的程序编写的工具。本书的很多内容是关于 NyARToolkit Java 类库的，这个类库基于原来的 ARToolkit。

但是，根据你的需求，其他的软件解决方案也是很值得研究的。在本节中，我会对你可能需要了解的技术做一个快速浏览。

1.2.1 ARToolkit

ARToolkit 是很多仿效它的增强现实开发资源的基础 C/C++ 库。ARToolkit 最初是由华盛顿大学的人机接口技术实验室 (Human Interface Technology Laboratory, HITLab) 开发的一个开源库，基于 GNU 通用公共许可 (General Public License, GPL) 发布。ARToolkit 现在由新西兰坎特伯雷大学的 HITLab 和 HIT Lab NZ 负责维护。ARToolworks 公司提供了这个软件的适合创建闭源应用的商用版本。ARToolworks 已经把原始的 ARToolkit 改进得适用于各种平台并提供很多带有专业支持的解决方案。例如，苹果移动操作系统 iOS 版的 ARToolkit 是由 ARToolworks 提供的，遵循专有技术许可协议。

1.2.2 用 BuildAR 创建快速模型

建立一个基础的增强现实查看器的快速简单方式是使用 HIT Lab NZ 的 BuildAR 应用程序，地址：www.buildar.co.nz。BuildAR 是 Windows 平台上的一个专有应用，提供了一个免费下载的试用版本，使用这个试用版本你可以添加一个 3D 模型并控制它的旋转、平移和缩放。BuildAR 适用于特定应用的一些原型设计和演示。商业版带有用来训练标记的实用工具。BuildAR 不需要任何的编程经验，这是它的优点，也是它的缺点。这是建立起一个增强现实场景并在你的 Windows 计算机上运行的最简单方法，不过你能够做的事情相当有限。

1.2.3 DART

设计师增强现实工具包（Designer's Augmented Reality Toolkit, DART）是使用 Adobe Director 多媒体编程环境设计增强现实应用原型的一个软件工具集合。你可以从网址 www.cc.gatech.edu/dart/ 上下载这个软件并找到安装指导和其他的帮助文档。熟悉 Director 环境的用户一定要看看 DART，因为能够以类似本书所讨论的软件的方式使用它来设计增强现实环境的原型。这个网站还声称 DART 非常适合与其他编程语言交互。

1.2.4 无标记增强现实与 PTAM

并行跟踪与绘图（Parallel Tracking and Mapping, PTAM）是用于无标记增强现实的开发工具集合。源码位于 <http://ewokrampage.wordpress.com>。安装和运行 PTAM 需要有 C 工程的组建和编译经验，但是不需要标记就能建立增强现实场景的能力开启了很多有趣的可能。有 C/C++ 经验的用户应该了解一下 PTAM。

1.3 增强现实的必需元素

任何视觉增强现实的实现都需要有一个不错的带有摄像头的电脑（最近 3 年生产的都能满足本书的需求）。现在很多电脑都内置了摄像头，这些电脑都能很好地运行本书中的很多工程。但是，因为它们的摄像头是内置的，所以很难移动和放置，因此即使你的电脑有一个内置摄像头，你可能更想购买一个便宜的 USB 摄像头。

至于你应该使用哪种类型的电脑，我想说的是所有的主流平台都有优点和缺点。本书中，我会尽一切努力来寻找跨平台的解决方案，但是这并不总是可能的。这取决于各种因素，包括操作系统特定的计算机制造商、显卡等因素。你可能会发现在本书中提到的一些 Java 库需要特别的处理才能在你使用的平台上工作。在少数情况下，会有非常大的限制，因为这些限制 Java 库项目将需要工作在特定平台上。当碰到这些限制时我会阐明它们。