



微软资深企业架构师兼Kinect应用开发专家亲自执笔，专业社区及企业客户联袂推荐

系统讲解Kinect工作原理、Kinect for Windows应用开发、人机交互设计，包含大量案例、技巧和最佳实践



繁体版台湾发行



余涛 著

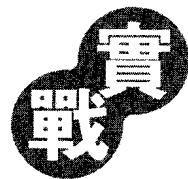
Kinect in Action

Kinect应用开发实战

用最自然的方式与机器对话



机械工业出版社
China Machine Press



Kinect in Action

Kinect应用开发实战

用最自然的方式与机器对话

余涛 著



机械工业出版社
China Machine Press

本书由微软资深企业架构师兼 Kinect 应用开发专家亲自执笔,既系统全面地讲解了 Kinect 技术的工作原理,又细致深入地讲解了 Kinect 交互设计、程序开发和企业应用展望。全书不仅包含大量实践指导意义极强的实战案例,还包含大量建议和最佳实践,是学习 Kinect for Windows 应用开发不可多得的参考书。

本书分为八大部分:准备篇(引言和第1章),从科幻电影的自然人机交互技术谈起,同时针对虚拟现实、增强现实、多点触摸、语音识别、眼球跟踪、人脸识别、体感操作、脑机界面等人机交互技术的最新发展动态,结合一些生动例子进行了说明;原理篇(第2~3章),深入剖析了 Kinect 的硬件组成,从原理上分析了 Kinect 的工作机制,并从计算机视觉技术角度重点分析了“体感操作”背后发生的一切;基础篇(第4~5章),对 Kinect for Windows SDK 进行了框架性的导读,并对 Kinect 自然人机交互的设计提出了有益的归纳和建议;开发篇(第6~9章),本篇从 Kinect 的开发环境准备谈起,内容包括了视频数据、深度数据、骨骼跟踪等开发示例,其中还包含一个用 Kinect 测量身高的有趣示例;实例篇(第10~16章),通过介绍一些生动有趣的应用示例(《超级马里奥兄弟》、《水果忍者》等)的开发,帮助读者快速开发入门;进阶篇(第17~19章),包括姿态识别和手势识别的算法实现, Kinect 技术结合 3D 技术的应用,同时结合 Kinect 在手术室的原型应用这一综合示例,将交互设计、骨骼跟踪、手势识别、语音识别等关键点“串烧”起来;展望篇(第20~22章),汇集 Kinect 应用的相关创意和奇思妙想,以及 Kinect 在医疗、教育、动作捕捉、虚拟现实、增强现实、动漫设计乃至冰川研究等诸多领域的发展前景;附录 A 是关于 Kinect SDK 命名空间 Microsoft Kinect 的详细介绍;附录 B 是关于自然人机交互技术、计算机视觉技术的相关开源社区动态的介绍。

封底无防伪标均为盗版

版权所有,侵权必究

本书法律顾问 北京市展达律师事务所

图书在版编目(CIP)数据

Kinect 应用开发实战:用最自然的方式与机器对话/余涛著. —北京:机械工业出版社,2012.11

ISBN 978-7-111-40092-9

I. K… II. 余… III. 程序设计 IV. TP311

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 245386 号

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:孙海亮

三河市杨庄长鸣印刷装订厂印刷

2013 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

186mm×240mm • 22.75 印张

标准书号:ISBN 978-7-111-40092-9

定价:69.00 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

购书热线:(010) 68326294; 88379649; 68995259

投稿热线:(010) 88379604

读者信箱:hzsj@hzbook.com



推荐序一

人机交互的发展过程就是从人适应计算机到计算机不断地适应人的发展过程。人机交互的发展经历了早期的手工作业阶段、作业控制语言及交互命令语言阶段、图形用户界面（GUI）阶段、网络用户界面阶段、多通道与多媒体的智能人机交互阶段。伴随人机交互的发展，人机交互的输入与输出设备也在不断地发展，从鼠标、键盘、手柄到触摸屏，再到现在的体感传感器。而体感交互技术又是目前人机交互技术中最为前沿和热门的领域之一，这其中基于微软 Kinect 的应用开发却又最为广泛。

对于国内众多的体感开发初学者和体感爱好者而言，本书是一本非常优秀的入门读物。本书内容涵盖对自然人机交互技术的介绍，Kinect 硬件设备构造与原理的分析，Kinect SDK for Windows 开发环境的搭建，Kinect SDK for Windows 的详细讲解，Kinect 交互设计的一些理念，以及 Kinect 在视觉、声音、3D 等多方面的案例开发。其中涉及 Kinect 多点触摸、虚拟现实、增强现实、动作捕捉、3D 重建、机器人控制等多种应用场景。

本书的编写以国内广大体感开发者的需求为依据，从而使读者能够更深入地理解体感技术的应用场景。本书具有以下特点：由浅入深地引导开发者；实操性很强；创新与实战相结合；图文并茂；有很多珍贵的参考数据。因此本书不失为一本很好的 Kinect 体感开发工具书。祝广大读者通过对本书的学习能早日步入体感行列，开发出自己的体感应用！

CnKinect 王峰

王峰

Cnkinect.com 创始人，体感工场（北京）科技有限公司 CEO 和创始人。



推荐序二

我知道余涛，是因为一起参加了微软 HR 组织的员工活动。我受邀分享南极经历，他分享 21 天从成都武侯祠骑行至拉萨的经历。当时我就在想，这个人不简单，是个有梦想、能坚持的奇人。

这次余涛寄来书稿，更加证实了我的判断：有梦想能坚持，居然写了本这么厚的编程指导书。他说，“Kinect 唤回我 Coding 的激情”。

是的。Kinect 唤回了很多人的激情。与其说这是一本编程指导书，不如说是一本用作者的创造力唤醒大家想象力的梦想指南书。作者向大家展示了 Kinect 带给大家的无限可能。

现在不少的编程人员，可能都是从基于 Windows 的 Visual 系列开始学起的，已经把图形界面和鼠标操作当成理所当然的。作为 1985 年被邓小平爷爷“学电脑要从娃娃抓起”一声号召之下就开始学电脑的我来说，深知“史前”编程和用户交互的不易。

在很早的时候，我们只能用“机器语言”和电脑交互。那个时代，是人去理解电脑，并用 0 和 1 的指令告知电脑人们希望它去完成的事情。后来虽然有所发展，有了汇编语言、C 语言等，但是和电脑谈话，还只是专业人士的工作。所以你可能还记得，要穿白大褂、换鞋进入电脑机房的时代。

后来，施乐悄悄地发明了图形操作界面和鼠标。施乐并不明白这个发明有多伟大，比尔·盖茨和史蒂夫·乔布斯看到了，开发出了著名的 Windows 和 Macintosh 操作系统。自此以后，普通的人都可以用更加平等的方式和电脑交流了，而电脑也一下子平易近人起来。比尔“每个人的桌面上都有一台电脑”的梦想，最终得以实现。

但是，这还不够。今天，几乎和鼠标一样伟大的人机交互方式——“Kinect 体感”被发明了！这非常令人激动，因为电脑从此以后就可以通过观察人的动作、聆听人的声音，来理解人的指令，更加自然地和人交流了。我们把这种操作界面称为自然用户界面（NUI）。

若干年后，我想大家会理解，Kinect 会是多么伟大的一项尝试。而作者也同样尝试着在这个重要的时间点上，用自己的书点亮大家对未来的想象，帮助大家成为未来 NUI 的领导者。这本书里提到的例子都非常有趣。

人类对更加智慧的人机交互方式的探索永远不会停止，你同样会看到用声音、用自然语言、用眼球交互的各种尝试。但是，所有这些基础的技术创新，都需要像你们这样的梦想家，只有你们在各个领域发挥最令人惊叹的想象力，才能开发出独特的应用，改良生产，改善生活。预祝每一个认真阅读本书的人都是未来的学者、未来的成功者！

刘润

刘润

微软战略合作总监，捐献时间公益组织创始人，香港百仁基金特邀会员，福布斯中文网专栏作家，愈奇投资合伙人，《2012，买张船票去南极》的作者。



为什么要写这本书

Kinect 以 Natal 为开发代号在 CES2010 一亮相就光芒四射。发布会上那段视频令我印象深刻：你可以用身体自如地进行游戏，而且无需任何控制器。也许就在那一刻，全世界的很多技术爱好者都在想：“我们还可以用 Kinect 干点什么呢？”

我将这段视频转发给复旦大学附属中山医院的阴忆青博士。他看完后敏锐地问道：“是否可以基于 Kinect 开发手术室的应用？”那时 Kinect 还未正式发布，但这个念头着实让我兴奋不已。

我们似乎已经进入了这样一个时代：计算机已逐渐拥有与人类媲美的感知能力——它们能看到、触摸到、感觉到我们所处的地点和运动状态。科幻电影银幕中的场景，正逐步出现在我们身边，并成为生活中的一部分。Kinect 正是在这样的背景中诞生的，人机交互从二维世界扩展到三维空间，而且是非接触的交互体验（Touch-Free）。Kinect 也许会成为第三次人机交互革命的原点。

2011 年春天，我从美国买了一台 Xbox 360 Kinect 套装。“你的身体就是控制器”，Kinect for Xbox 的广告词如雷贯耳。为了满足好奇心，我开始搜集 Kinect 技术及其原理的相关信息，网络上的讨论也逐渐升温。我阅读了 New Scientist 网站上的一篇博文《Inside the race to hack the Kinect》，其中讲述了破解 Kinect 的全过程。这是一次有悬赏的技术竞赛，黑客们通过 USB 记录仪截获了 Kinect 与主机之间通信的所有数据，整个破解过程就是一个逆向工程。微软似乎默许了这样的黑客行为。与此同时，关于 Kinect 的各类创意在网络上如同雨后春笋一般涌现出来，比如用 Kinect 给四旋翼飞行航模配上“导航雷达”、制作宠物狗

看护机器人、在空气中弹吉他、利用 Kinect 制作倒车雷达系统，或是用来玩经典游戏《超级马里奥兄弟》。

“向 Xbox 360 中增加 Kinect，就像是给一艘潜水艇配备了声纳设备一样”，这是我特别喜欢的一句评论。Kinect 还引发了无尽的想象和创意，让人跃跃欲试。

2011 年初夏，微软顺水推舟发布了 Kinect for Windows SDK beta1 版本，相比开源社区的工作的确有些姗姗来迟。这期间，我试着写了几个简单的应用，除了 SDK 帮助文档外，开发资料乏善可陈，相关英文书籍也未出版。那个夏天，我骑车远行了一次，从成都到拉萨。路上我萌发了一个念头——写一本原创书。当年秋天，我在杭州参加 QCon2011 大会，席间我与好友（淘宝架构师铁轮）对写书的想法进行了深入讨论。会后我正式明确了写作方向，那时 Kinect for Windows SDK beta2 版本已经发布了。我阅读了 Jamie Shotton 和 Alex Kimpman 等人联合写的那篇重要论文《Real-Time Human Pose Recognition in Parts from Single Depth Images》，之后关于 Kinect 的实现机制豁然开朗。之后的业余时间，我都会跟踪 Kinect 技术的一些动态发展，并搜集整理资料。与此同时，Kinect 自然人机交互技术也逐步成为我和企业用户沟通的一个有趣话题。我发现，除了医疗领域外，教育、银行、航空、广告等领域也都对这项技术表现出浓厚的兴趣。基于此，我对整个书稿原目录的构思做了调整，除了原理、SDK 开发基础和实例外，将整理更多关于 Kinect 在企业级应用的创意，并且从人机交互技术的角度思考它的商业价值。

2012 年春节前，我有幸认识了机械工业出版社华章公司的杨福川先生，期间邮件往来，讨论了本书的定位及大纲。春节过后，微软很快正式发布了 Kinect SDK v1.0 版本。当时我正在美国出差，顺路在 Belleville 的 Microsoft Store 里买了 Kinect for Windows 传感器。同时，我也正式开始了本书的编写。

本书从构思到成稿，差不多跨越了 Kinect for Windows SDK beta1、beta2、v1.0 到 v1.5 四个版本。写作主要集中在 beta2 到 v1.5 发布前的一段时间。

Kinect 技术还在不断发展，本书作为一本开发入门书籍，希望能给国内 Kinect 技术爱好者们一些启发。如能激发出一些新的创意，那将是件极有意义的事情。

希望阅读本书能让你感到愉快并有所启发。

读者对象

从 Kinect 爱好者到程序员，从在校大学生到游戏研发团队都可阅读本书，因为本书可从工作原理及实操指导两方面给予相应的指导。此外，我相信，对人机交互和用户体验非常敏感的产品经理、企业架构师也能从本书中获得相应的启发和灵感。本书具体的读者对象如下：

- Kinect 应用开发爱好者；
- 开设计算机视觉和人机交互课程的大专院校相关专业的师生；
- 对 Kinect 技术感兴趣的所有人士。

如何阅读本书

本书分为八个部分：

第一部分：准备篇（引言和第 1 章）。从科幻电影的自然人机交互技术谈起，同时介绍了虚拟现实、增强现实、多点触摸、语音识别、眼球跟踪、人脸识别、体感操作、脑机界面等人机交互技术，并结合一些生动例子来说明这些技术的最新发展动态。

第二部分：原理篇（第 2～3 章）。深入剖析 Kinect 的硬件组成，从原理上分析 Kinect 的工作机制，并从计算机视觉技术角度去重点分析“体感操作”背后发生的一切。

第三部分：基础篇（第 4～5 章）。对 Kinect for Windows SDK 进行框架性的导读，并对 Kinect 自然人机交互的设计进行归纳并提出有益的建议。

第四部分：开发篇（第 6～9 章）。介绍 Kinect 的开发环境准备，内容包括“Hello Kinect”代码的编写及视频数据、深度数据、骨骼跟踪等开发示例，其中还包括一个用 Kinect 测量身高的有趣示例。

第五部分：实例篇（第 10～16 章）。通过一些生动、有趣的应用实例开发，帮助读者快速入门。比如用 Kinect 的体感操作来玩《超级马里奥兄弟》、《水果忍者》等游戏；创建 Kinect Hub 界面、隔空演示 PPT、用 Kinect 录制梦境的呓语、制作天气预报导播的绿屏效果。这一部分还设计了需要完善的作业，帮助读者动手实践和引发读者进一步的思考。

第六部分：进阶篇（第 17～19 章）。包括姿态识别和手势识别的算法实现，Kinect 技术结合 3D 技术的应用。同时结合 Kinect 在手术室的原型应用这一综合示例，将交互设计、骨骼跟踪、手势识别、语音识别等关键点“串烧”起来，其中还包括 Kinect SDK v1.5 中人脸跟踪、Kinect Studio 等新特性。

第七部分：展望篇（第 20～22 章）。汇集 Kinect 应用的相关创意和奇思妙想，并介绍了 Kinect 在医疗、教育、动作捕捉、虚拟现实、增强现实、动漫设计乃至冰川研究等诸多方面的发展前景。

第八部分：附录。附录 A 是关于 Kinect SDK 命名空间 Microsoft Kinect 的详细介绍；附录 B 是关于自然人机交互技术、计算机视觉技术的相关开源社区动态。

勘误和支持

由于作者的水平有限，加之编写时间仓促，书中难免会出现一些错误或者不准确的地

方，恳请读者批评指正。书中的全部源文件可以从华章网站[⊖]以及 CnKinect 网站下载，我也会及时在 CnKinect 网站上发布相应的功能更新。如果你有更多的宝贵意见，欢迎发送邮件至邮箱 fishking1979@hotmail.com，期待能够得到你们的真挚反馈。

致谢

首先感谢 Microsoft Kinect 的研发团队和产品组，是他们创造了这项意义深远的技术。

感谢杨倩的引荐，是你的引荐促成了本书的出版。

感谢机械工业出版社华章公司的策划编辑杨福川先生和 CnKinect 网站创始人王峰，2012 年 6 月初夏的北京之行，席间的畅谈使我受益良多。

感谢白宇编辑给本书提出的宝贵意见和建议。

感谢热爱 Kinect 技术的朋友们，特别是 Jerry，在与你的交流中我汲取了很多有价值的内容。

最后感谢我的家人，尤其是我的妻子，因为有了你们的鼓励和支持，我才能顺利完成全部书稿。

谨以此书特别献给我的女儿小雨。也许当她能读懂这本书的时候，Kinect 技术早已融入生活。科技隐形之时也许才是最佳的状态。

余涛（fishking1979）

于中国成都

⊖ 参见华章网站 www.hzbook.com。——编辑注



目 录

推荐序一

推荐序二

前 言

第一部分 准备篇

引 言 从科幻电影谈起 /2

第 1 章 自然人机交互技术漫谈 /10

1.1 自然人机交互技术的发展 /10

1.1.1 第六感设备：技术的组合创新 /10

1.1.2 追影技术：摄像头也疯狂 /12

1.1.3 虚拟现实：真实的体验场景 /13

1.1.4 增强现实：真实与虚拟的叠加 /14

1.1.5 多点触摸：信息就在指尖 /15

1.1.6 语音识别：从 ViaVoice 到 Siri/16

1.1.7 眼球跟踪：从霍金的座椅谈起 /17

1.1.8 人脸识别：Photo DNA/19

1.1.9 体感操作：达·芬奇手术机器人 /20

1.1.10 脑机界面：霍金座椅的升级版 /20

- 1.2 “你就是控制器”——Kinect 宣言 /21
 - 1.2.1 Kinect 销售记录及命名来历 /21
 - 1.2.2 未来照进现实 /22

第二部分 原理篇

第 2 章 揭开 Kinect 的神秘面纱——硬件设备解剖 /26

- 2.1 两款 Kinect 传感器对比 /26
- 2.2 Kinect 传感器的硬件组成 /28
 - 2.2.1 Kinect 的“心脏”——PS1080 SoC/30
 - 2.2.2 Kinect 的“三只眼”——投影机和两个摄像头 /32
 - 2.2.3 Kinect 的“四只耳朵”——麦克风阵列 /34
 - 2.2.4 会摇摆的“相控雷达”——传动马达 /35
 - 2.2.5 姿态控制——三轴加速度计 /36
 - 2.2.6 USB 接口及电源 /37
 - 2.2.7 Kinect 风扇控制 /38
- 2.3 Kinect 相关技术规格 /38
 - 2.3.1 Kinect 近景模式 /39
 - 2.3.2 Kinect 放大镜 /40
- 2.4 本章小结 /40

第 3 章 Kinect 工作原理大揭秘 /41

- 3.1 Kinect for Xbox 360 的产品设计 /42
- 3.2 基于“管道”的系统架构 /43
 - 3.2.1 骨骼跟踪 /45
 - 3.2.2 动作识别 /46
 - 3.2.3 人脸识别 /48
 - 3.2.4 语音识别 /49
- 3.3 Kinect 眼里的三维世界 /50
 - 3.3.1 深度数据是 Kinect 的精髓 /51
 - 3.3.2 2D 视觉与 3D 视觉 /55
- 3.4 深度图像成像原理 /56

- 3.4.1 ToF 光学测距与结构光测量 /56
- 3.4.2 Light Coding 技术 /57
- 3.4.3 激光散斑原理 /58
- 3.4.4 光源标定 /59
- 3.5 从深度图像到骨骼图 /60
 - 3.5.1 动静分离, 识别人体 /60
 - 3.5.2 人体部位分类 /62
 - 3.5.3 从人体部位识别关节 /63
 - 3.5.4 会“机器学习”的“Kinect 大脑” /65
 - 3.5.5 骨骼跟踪的精度和效率 /68
- 3.6 创建你的 Avatar/70
 - 3.6.1 “有骨有肉” /70
 - 3.6.2 泊松方程噪声滤除 /70
 - 3.6.3 粗糙变平滑、缺陷自动补齐 /71
- 3.7 本章小结 /71

第三部分 基础篇

第 4 章 Kinect for Windows SDK 导读 /74

- 4.1 什么是 Kinect SDK/74
 - 4.1.1 Kinect SDK 的发展历程 /74
 - 4.1.2 SDK v1.5 的新特性 /75
 - 4.1.3 SDK v1.5 尚未提供的 API/76
 - 4.1.4 从底层进行封装 /76
- 4.2 Kinect for Windows 体系架构 /78
- 4.3 应用层 API 详解 /80
 - 4.3.1 Kinect 的核心 NUI API/80
 - 4.3.2 Kinect Audio DMO/82
 - 4.3.3 Windows Speech SDK/83
- 4.4 数据流概述 /84
 - 4.4.1 彩色图像数据 /84
 - 4.4.2 用户分割数据 /85
 - 4.4.3 深度图像数据 /86

- 4.4.4 如何获取数据流 /87
- 4.5 骨骼跟踪 /89
 - 4.5.1 骨骼信息检索 /90
 - 4.5.2 主动跟踪和被动跟踪 /90
 - 4.5.3 骨骼跟踪对象选择 /91
- 4.6 NUI 坐标转换 /92
 - 4.6.1 深度图像空间坐标 /93
 - 4.6.2 骨骼空间坐标 /93
 - 4.6.3 坐标变换 /93
 - 4.6.4 传感器阵列和倾斜补偿 /95
 - 4.6.5 地面测量 /95
 - 4.6.6 骨骼镜像 /95
- 4.7 本章小结 /96

第 5 章 Kinect 用户交互设计的若干思考 /97

- 5.1 Xbox 360 Kinect Hub 界面和 Metro 风格 /97
 - 5.1.1 什么是 Metro 风格 /97
 - 5.1.2 Kinect Hub 手势原型设计 /98
 - 5.1.3 “悬停选择”和“翻页控制” /99
- 5.2 体感游戏的优势及局限性 /100
 - 5.2.1 更多的自由度 /101
 - 5.2.2 关节点重叠的处理办法 /102
 - 5.2.3 情感因素和心理暗示 /102
 - 5.2.4 Kinect 体感操作的局限性及对策 /103
- 5.3 用户交互的趋势和新特性 /104
 - 5.3.1 Kinect 使交互“柔软化” /105
 - 5.3.2 用户交互设计也可能是一项专利 /106
- 5.4 Kinect “体感操作”交互设计的七条军规 /106
 - 5.4.1 控制手势集符合人类自然手势 /107
 - 5.4.2 让用户的肢体移动幅度尽可能小 /107
 - 5.4.3 操作界面的对象采用 Metro 风格 /109
 - 5.4.4 “确认操作”保持简单、一致 /109
 - 5.4.5 手势操作尽可能在同一个平面内 /110

- 5.4.6 从三维的视角去看交互设计 /110
- 5.4.7 配有简单明了的手势说明 /111
- 5.5 本章小结 /112

第四部分 开发篇

第6章 开发前的准备工作 /114

- 6.1 开发 Kinect 应用所需的技能 /114
- 6.2 系统要求 /115
- 6.3 下载和安装 Kinect SDK/116
 - 6.3.1 Kinect for Windows SDK v1.5/118
 - 6.3.2 Developer Toolkit/118
 - 6.3.3 Kinect 快速开发工具箱 /119
 - 6.3.4 XNA 开发环境 /119
- 6.4 加载驱动、检验及测试 /120
- 6.5 配置开发环境 /122
- 6.6 要点和故障排除 /122
- 6.7 本章小结 /123

第7章 Hello, Kinect ! /124

- 7.1 一行代码的“Hello, Kinect!” /124
 - 7.1.1 创建 WPF 工程 /124
 - 7.1.2 添加 KinectDiagnosticViewer 控件 /126
 - 7.1.3 编写一行代码 /127
 - 7.1.4 编译运行 /127
- 7.2 控制台界面 HelloKinectMatrix/128
 - 7.2.1 创建 Console 工程 /128
 - 7.2.2 编写代码 /129
 - 7.2.3 运行效果 /130
- 7.3 KinectContrib 快速工程模板 /130
- 7.4 KinectWpfViewers 工具控件 /131
- 7.5 本章小结 /132

第 8 章 Kinect 开发循序渐进 /133

- 8.1 一个简单的编程模型 /133
 - 8.1.1 初始化、启用 Kinect 设备 /134
 - 8.1.2 彩色图像流事件处理 /136
 - 8.1.3 深度数据捕获 /138
 - 8.1.4 骨骼跟踪 /141
 - 8.1.5 关闭 Kinect 设备 /145
 - 8.1.6 Kinect 设备状态管理及异常处理 /145
- 8.2 更专业的深度图 /146
 - 8.2.1 改进转换方法 /146
 - 8.2.2 事件处理 /148
- 8.3 控制 Kinect 仰角 /148
 - 8.3.1 “你的塑身”游戏 /149
 - 8.3.2 垂直调整 Kinect 仰角 /150
- 8.4 本章小结 /151

第 9 章 Kinect 深度数据测量技术及应用 /152

- 9.1 什么是 Kinect 视角场 /152
- 9.2 深度值与实际距离的对比 /153
- 9.3 深度图像的直方图 /155
 - 9.3.1 直方图统计信息的价值 /156
 - 9.3.2 深度图像直方图的意义 /158
- 9.4 Kinect 深度数据测量的应用 /159
 - 9.4.1 近景模式：自动锁屏工具 /159
 - 9.4.2 Kinect 视角场几何推导：测量人体身高 /163
 - 9.4.3 近距离探测：制作地形电子沙盘 /169
- 9.5 本章小结 /170

第五部分 实例篇

第 10 章 用 Kinect 表演“变脸” /172

- 10.1 在人的面部变换脸谱 /172

- 10.2 代码实现 /173
 - 10.2.1 WPF 工程、控件及初始化 /173
 - 10.2.2 骨骼跟踪 /176
 - 10.2.3 变脸及坐标变换 /178
- 10.3 合理暂停骨骼跟踪 /181
- 10.4 道具平滑跟随 /181
- 10.5 调整幕布大小 /183
- 10.6 练习作业 /184

第 11 章 用 Kinect 唤起“红白机”的回忆 /185

- 11.1 用身体控制马里奥 /185
- 11.2 代码实现 /185
 - 11.2.1 WPF 工程、控件及初始化 /185
 - 11.2.2 模拟键盘输入工具类 /188
 - 11.2.3 肢体语言映射到键盘事件 /192
- 11.3 副产品：PPT 演示“空手道” /193
- 11.4 练习作业 /195

第 12 章 用 Kinect 玩 PC 版的《水果忍者》 /197

- 12.1 空气鼠标设计思路 /197
 - 12.1.1 找到离 Kinect 最近的那个人 /198
 - 12.1.2 兼容左手习惯和右手习惯 /199
 - 12.1.3 从骨骼坐标系到鼠标坐标系 /199
 - 12.1.4 模拟鼠标工具类 /200
 - 12.1.5 让“空气鼠标”移动自如 /202
 - 12.1.6 模拟鼠标左键事件 /203
- 12.2 在 PC 中用 Kinect 玩《水果忍者》 /203
 - 12.2.1 核心代码示例 /203
 - 12.2.2 如何双手挥刀 /206
- 12.3 更多游戏：《割绳子》 /206
- 12.4 练习作业 /207