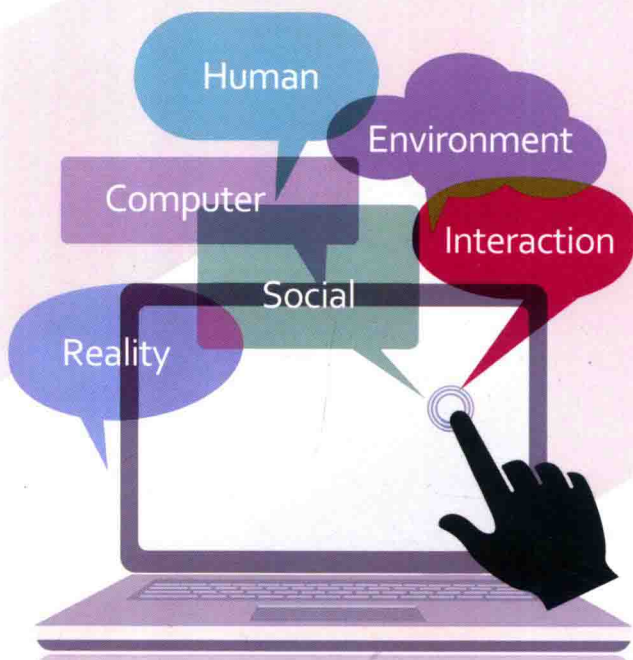


基于现实的交互界面 引领未来人机交互趋势



# 基于现实的交互界面 方法和实践

Reality-Based Interaction: Method and Practice

◎吕菲 田丰 著

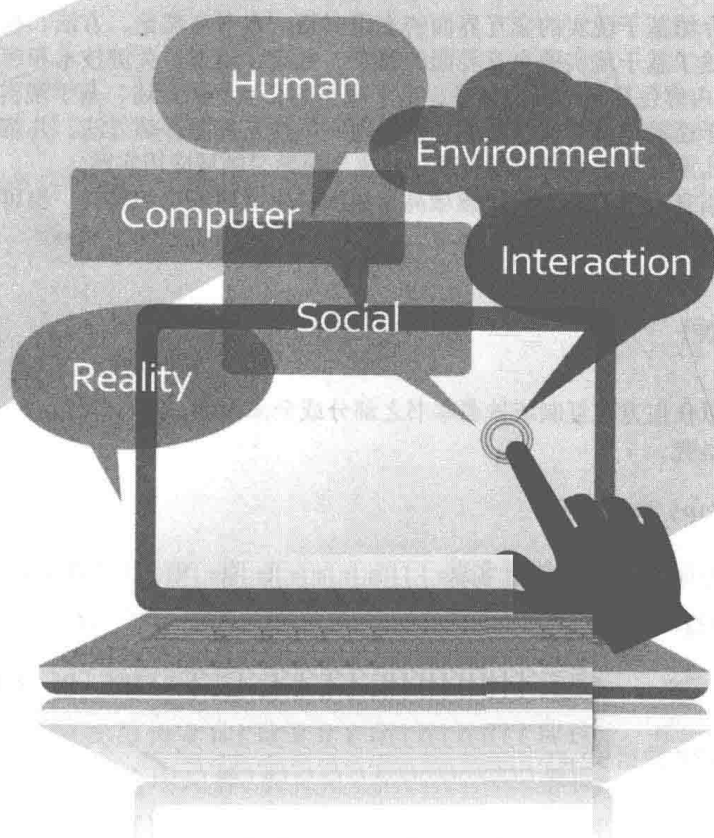


中国工信出版集团



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

基于现实的交互界面 引领未来人机交互趋势



# 基于现实的交互界面 方法和实践

Reality-Based Interaction: Method and Practice

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是专门介绍基于现实的交互界面的实用书籍,本书从理论、方法、技术和实现等方面系统地阐述了基于现实的交互界面的概念、框架、模型、关键技术和应用系统。全书分为8章,内容包括用户界面概述、基于现实的交互界面概述、基于现实的用户界面设计方法、基于运动模型的交互技术、基于现实的交互界面评估方法、儿童汉字学习领域应用实践、儿童讲故事领域应用实践、儿童合奏学习领域应用实践。

本书可作为信息科学和交互设计领域高年级本科生或研究生的教材,也可供从事人机交互方向的科研人员和从业人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。  
版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

基于现实的交互界面:方法和实践/吕菲,田丰著. —北京:电子工业出版社,2017.12  
ISBN 978-7-121-32739-1

I. ①基… II. ①吕… ②田… III. ①人机界面—程序设计—研究 IV. ①TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第232116号

策划编辑:李 敏

责任编辑:李 敏 特约编辑:刘广钦 刘红涛

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:720×1 000 1/16 印张:13.75 字数:280千字

版 次:2017年12月第1版

印 次:2017年12月第1次印刷

定 价:59.00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 [zltts@phei.com.cn](mailto:zltts@phei.com.cn), 盗版侵权举报请发邮件至 [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)。

本书咨询联系方式:010-88254753 或 [limin@phei.com.cn](mailto:limin@phei.com.cn)。

## | 序 | Preface

用户界面是交互式计算机系统的重要组成部分，是决定用户体验的主要因素。用户界面的开发工作量占到系统的一半以上，提高用户界面的开发效率和可用性是软件工程的重要任务之一。

界面范式是为实现这一目的而提出的重要概念，是交互式系统开发的指导思想，也是用户界面高效、高质量开发的前提。人机交互的历史是界面范式不断变迁的历史，经历了命令行界面、图形用户界面到自然用户界面。图形用户界面也称为 WIMP 界面，是由“视窗”（Windows）、“图标”（Icons）、“菜单”（Menus）及“指点设备”（Pointer-Pointing Device）组成的缩写。它以桌面计算为隐喻，具有直接操作、可见即可得等优点，广泛使用了近半世纪，开发了办公软件、管理软件、浏览器等主流软件，造就了个人电脑时代的辉煌。

随着计算机应用的普适化和虚拟化，出现了普适计算、虚拟现实等新的计算环境，人们开始对 WIMP 界面进行批判，其主要缺点是：WIMP 界面以“桌面”为隐喻，制约了人机交互；计算机的输入/输出带宽不平衡；WIMP 界面采用顺序的对话模式，仅支持精确和离散的输入，不能处理同步操作，不能利用听觉和触觉等。为了克服这些缺点，人们提出了自然用户界面的概念。Jacob 等于 2006 年提出了基于现实的交互，其核心思想是让人们和计算机的交互更接近现实，根据接近现实的程度，基于现实的交互分为 4 个阶段：物理感知、身体意识和技能、环境意识和技能、社会意识和技能。

本书作者在 Jacob 等的概念框架基础上,进行了基于现实交互的探索和实践,总结了相关的技术和方法,包括设计方法、交互技术和评估方法。作者开展的应用实践包括儿童汉字学习、儿童讲故事和儿童音乐合奏。

我们已经进入了万物互联时代,大量交互设备出现,体现人们视、听、触觉的自然交互迫切需要新的计算范式。人工智能技术的迅速发展,也为以自然为特点的交互范式的实现提供了技术基础。希望本书的出版能够使更多的学者开展人机交互界面范式的研究和实践,加速我国人机交互的新革命。

基于现实的交互不仅要解决人和物的关系,更要解决人和人的关系及人和自然的关系。基于现实的思想和中国传统的文化思想是一致的,我国可以充分利用这个优势发展我国的人机交互,从而达到这个领域的国际领先水平。

戴国忠

2017年8月

## | 前 言 | Foreword

人机界面是计算机系统的重要组成部分，是当前计算机行业竞争的焦点，它的好坏直接影响着人们日常生活和工作的质量、效率和体验。与摩尔定律所预言的计算机硬件性能的稳定发展不同，人机界面的发展并不是持续稳定增长的，而是一种经历长时间稳定后的突破式演变。其中，WIMP 界面由于其图形化界面和直接操作的特点，较以前的界面风格而言具有明显的优点，在近几十年中一直处于统治地位。

目前，人机交互正进入一个蓬勃发展的新时代。随着计算机硬件和软件技术的发展及对心理学的进一步了解，研究者们开发了大量与传统 WIMP 界面范式不同的新的人机交互界面。这些新的交互界面尽管看上去风格迥异，但是它们都前所未有地吸收和借鉴了用户对日常生活中非数字世界的既有知识，使得人与计算机的交互更加自然和直觉，如同人们与现实物理世界交互一样，因此被 ACM CHI Academy Jacob 教授称为基于现实的交互（Reality-Based Interaction, RBI）。RBI 概念的提出为研究新兴界面风格提供了共性命名和统一框架，使得研究者能够通过这个框架进行人机交互研究工作，并提供了探索 and 发现未来发展机会的新视角。本书作者在进行这一领域研究工作的过程中，深感需要一本全面介绍 RBI 界面的书籍，以满足人机交互学科的发展需要。现将本书作者多年来对 RBI 界面的研究成果加以归纳，从理论、方法、模型、技术和应用方面对该领域进行总结，供人机交互研究者和从业者们参考。

全书分为3个部分共8章。第一部分为概述（第1~2章），介绍了用户界面的重要作用和发展历史，阐述了基于现实的交互界面的概念、现实层级框架、作用和意义、研究现状、未来发展趋势，以及目前所面临的问题和挑战。第二部分为技术和方法（第3~5章），介绍了基于现实的交互界面设计方法、基于运动模型的笔尾交互技术和肢体交互技术、交互界面评估的方法和框架等。第三部分为应用实践（第6~8章），介绍了儿童汉字学习系统、儿童讲故事学习系统和儿童音乐合奏学习系统等具有重要社会价值的应用系统。

本书的完成要感谢我的博士生导师戴国忠研究员，他在研究方向上给了我极大的指引，对本书的框架和结构也提出了非常宝贵的指导。感谢我的硕士生导师侯文军教授，一直支持我的科研和教学工作。感谢我的学生席瑞、蒋之阳、孙正昱、何致奇等在书稿整理上的帮助。同时，特别感谢我的父母、爱人和女儿，没有他们的支持和奉献，我不会有时间和精力完成本书的写作。

本书受到国家重点研发计划（2016YFB1001405）、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目、北京市社会科学基金项目（16YTC033）、国家自然科学基金（61303162、61232013、61422212）和中国科学院前沿科学重点研究计划（QYZDY-SSW-JSC041）的资助，在此一并表示感谢。

尽管我们对本书有着较高的期待并做出了最大的努力，但由于写作水平和研究工作的局限、编写时间的仓促，书中的不足、疏漏之处在所难免，欢迎广大读者积极提出宝贵意见。

吕 菲

北京邮电大学

2017年8月

## | 目 录 | Contents

### | 第一部分 | 概述

#### ►第1章 用户界面概述 // 002

1.1 用户界面的发展历史 // 002

1.2 用户界面范式 // 004

1.3 WIMP 界面的批判 // 005

1.4 用户界面的新趋势 // 006

1.5 本书的动机和主题 // 012

参考文献 // 014

#### ►第2章 基于现实的交互界面概述 // 017

2.1 基本概念 // 017

2.2 现实层级 // 018

2.3 RBI 框架的作用和意义 // 020

2.4 RBI 界面的发展现状 // 022

2.5 RBI 界面的问题和挑战 // 023

参考文献 // 024

## 第二部分 技术和方法

### ►第3章 基于现实的交互界面设计方法 // 028

3.1 基于现实的交互界面设计流程 // 028

3.2 基于现实的反馈设计方法 // 033

参考文献 // 045

### ►第4章 基于运动模型的交互技术 // 048

4.1 基于运动模型的笔尾手势交互技术 // 049

4.2 虚拟圆规交互技术 // 081

4.3 基于运动模型的手臂伸展交互技术 // 090

参考文献 // 112

### ►第5章 基于现实的交互界面评估方法 // 120

5.1 定量评估模型 // 120

5.2 定性评估方法 // 124

5.3 生理评估方法 // 126

5.4 基于现实层级的统一评估框架 // 130

参考文献 // 140

### 第三部分 | 应用实践

#### ►第6章 儿童汉字学习领域应用实践 // 146

6.1 背景 // 147

6.2 儿童汉字学习调研 // 149

6.3 传统群组游戏调研 // 151

6.4 系统设计 // 154

6.5 系统实现 // 157

6.6 实地研究 // 158

6.7 用户体验 // 160

参考文献 // 164

#### ►第7章 儿童讲故事领域应用实践 // 168

7.1 背景 // 168

7.2 儿童日常游戏调研 // 172

7.3 传统皮影戏调研 // 173

7.4 系统设计和实现 // 177

7.5 实地研究 // 181

7.6 用户体验 // 182

参考文献 // 189

►第8章 儿童合奏学习领域应用实践 // 193

8.1 背景 // 194

8.2 用户调研与设计原则 // 195

8.3 EnseWing 设计 // 196

8.4 技术实现 // 197

8.5 实地研究 // 199

8.6 用户体验 // 201

参考文献 // 206

## 第一部分 概述

本部分将介绍基于现实的交互界面的基本概念。

第 1 章 用户界面概述

第 2 章 基于现实的交互界面概述

## ► 第1章

# 用户界面概述

用户界面 (User Interface), 又被称为使用者界面或人机界面, 是人与计算机之间交换、传递信息的平台及对话的窗口, 是计算机系统的重要组成部分。用户界面是当前计算机行业竞争的焦点之一, 它的好坏直接影响着人们日常生活和工作质量、效率和体验。计算机处理速度和性能的迅猛提高并没有相应提高用户使用计算机交互的能力, 其中一个重要原因就是缺少一个与之相适应的用户界面。随着计算机软硬件的快速发展, 用户界面也面临着更高的要求和挑战。

## 1.1 用户界面的发展历史

与摩尔定律所预言的计算机硬件性能的稳定增长不同, 用户界面的发展并

不是持续稳定增长的；相反，用户界面的发展是一种经历长时间稳定后的突破式演变。从20世纪50年代用户界面出现至今，其发展经历了三次演变：1950—1960年的批处理界面、1960—1980年的命令行界面、兴起于20世纪70年代的WIMP界面。每一个新的时代较前一个时代而言，都能更大限度地拓展人机交流的带宽，提高用户的生产力。

在用户界面发展的第一个时代，人们主要通过批处理方式（Batch Mode）来使用计算机。而当时计算机所装备的输入设备是穿孔卡片，输出设备是行式打印机。因此，只有少数人可以通过控制台上的控制开关和信号灯的显示来进行计算机调试。可以说，在那种情况下的用户界面只是一种用户界面的雏形<sup>[1]</sup>。

在用户界面发展的第二个时代，计算机硬件已经有了很大的发展。应用了分时系统的大型机和小型机是当时的主流设备。人们通过不同的终端来分享大型机的资源。那时，用户可以通过在键盘上输入字符形式的命令和参数来操作计算机。这个时代被称为命令行时代。这个时代一直延续到个人计算机出现早期，像DOS和UNIX操作系统都是这一时代风格的体现。命令行方式要求用户进行大量的记忆和训练，并且容易出错，使入门者望而生畏，但同时也比较灵活和高效，适合一些专业人员使用。

到了20世纪70年代，著名的研究机构Xerox PARC研究出了第三代用户界面的雏形——WIMP界面。1979年Thacker等开发的Alto Computer是首个提供给用户视窗（Windows）、图标（Icons）、菜单（Menus）和指点设备（Pointer-Pointing Device）四大组件的界面，它也成为第一批使用基于桌面隐喻操作系统的计算机。桌面隐喻是指在计算机屏幕上虚拟呈现了用户熟悉的办公室，这种隐喻可以降低用户和机器间的不信任感<sup>[2]</sup>，也使得用户更容易学习和掌握如何使用用户界面。这种风格一直沿用至今。它最早由Apple公司的Macintosh操作系统应用，之后Microsoft公司的Windows和UNIX系统中的Motif窗口系统也纷纷效仿，使得它成为占统治地位的界面风格。这种界面风格之所以能统治这么长时间，是因为它与命令行的输入相比，大大地提高了用

户的生产力。WIMP 交互方式具有直接操作的特点。直接操作具有三个重要特征<sup>[3]</sup>：对象可视化，界面可以通过图形方式显示用户所关心的对象；语法极小化，采用物理动作或按钮代替复杂的语法规则，用户不必通过命令行的输入方式来手动构造命令语法，避免了在命令输入过程中的错误，同时缩短了命令的执行时间，提高了用户的工作效率；快速语义反馈，用户在对象上快速、增量式和可逆的操作会立即带来可视的效果，这无疑极大地减轻了用户的认知负担。

在 WIMP 界面占统治地位的几十年中，随着计算机硬件设备的进步和软件技术的发展。WIMP 界面的缺点逐渐地体现出来。对于 WIMP 界面而言，它终究是局限在桌面隐喻之上的，用它来进行文档的处理等工作非常合适，但对于像虚拟现实等其他许多类的应用而言，WIMP 界面并不合适。从 20 世纪 90 年代初开始，研究者们将研究的焦点重新聚集到了下一代用户界面的研究上。

## 1.2 用户界面范式

范式（Paradigm）一词源于希腊语，指修辞学上的例证、范例，其在科学上的使用最早可见于 1962 年托马斯·库恩的《科学革命的结构》一书。托马斯指出，范式是一种公认模型或模式，而科学的变革往往伴随着范式的改变（Paradigm Shift）<sup>[4]</sup>。在人机交互中，广义的范式指人机交互相关的理论、法则、应用、方法等，而更具体的界面范式常常用来指代界面设计的模式<sup>[5]</sup>。

界面范式与界面隐喻互相区别却又紧密相关。隐喻既是一种语言修辞方法，也是一种认知工具<sup>[6]</sup>。在人机交互领域，界面隐喻（Metaphor）延伸了隐喻的认知属性，用人们熟知的非计算机领域的概念表达用户界面中的功能和对象。与界面范式相比，界面隐喻侧重于描述心智模型（Mental Model），用于帮助研究人员、设计人员和用户建立一个统一的模型；而界面范式则侧重于描述界面的具体形式，能够指导设计者和开发者进行界面设计。图形用户界面最著名的界面隐喻是桌面隐喻，通过模拟桌面办公环境向用户解释界面组件和交互方式。

与桌面隐喻对应的界面范式就是 WIMP 范式。在 WIMP 范式中, W 是视窗 (Windows), 表示承载应用信息的交互组件; I 是图标 (Icons); M 是菜单 (Menus), 表示直接操作的对象组件; P 是指点设备 (Pointer-Pointing Device), 表示此范式中所采用的设备及相应的交互方式。用户界面发展和变革本质上与界面范式密切相关。

### 1.3 WIMP 界面的批判

WIMP 范式虽然已经统治了用户界面领域近几十年, 并将在今后一段时间内仍处于统治地位; 但 WIMP 自身存在一些缺陷, 人们需要研究和建立更加合理、有效的人机交互风格。Van Dam 对于 WIMP 范式的缺陷有着较为全面的概括<sup>[1]</sup>。

- 对于 WIMP 范式下的每一个交互组件 (如按钮、菜单等) 而言, 单独使用它们非常方便, 但如果将它们按照应用系统的要求组合在一起, 将导致界面复杂性和交互复杂性的非线性增长, 最终会大大增加用户的认知负担。
- 用户大量的时间都花费在了关注如何进行交互操作上, 而不是任务本身。一些专业用户往往厌烦了太多的 “Point and Click” 操作, 反而重新选择使用键盘的快捷方式来进行操作。
- WIMP 界面由于其信息维度的限制, 对于多维信息并不能进行自然的表达, 只能通过多窗口的方式来解决。同时, 对于三维的交互任务而言, 使用二维的 WIMP 界面显然也是不自然的。
- 鼠标和键盘并不适合所有人, 对于那些身体有缺陷的用户而言, WIMP 界面并不合适。
- WIMP 交互方式并没有利用语音、听觉和触觉等交互技术。正如 Bill Buxton 所言, WIMP 交互方式仅仅利用了人的一只眼睛和一根手指, 这对于拥有各种交流器官的人类而言, 利用率无疑是非常低下的。

## 1.4 用户界面的新趋势

从 20 世纪 90 年代起，人机交互研究者们开始展望下一代用户界面：Nielsen 提出了 Non-Command User Interfaces 的概念<sup>[7]</sup>；Green 和 Jacob 在 1990 年的 ACM SIGGRAPH 年会上最早提出了 Non-WIMP 界面的概念，用来描述没有使用桌面隐喻的界面<sup>[8]</sup>；1997 年，美国布朗大学的 Van Dam 在 COMMUNICATIONS OF THE ACM 上提出了 Post-WIMP 用户界面的概念，指出新的界面应该“至少包含一项不基于传统的 2D 交互组件（如菜单和图标）的交互技术”<sup>[1]</sup>。

用户界面的发展也验证了研究者们猜测，涌现出了大量与传统 WIMP 范式不同的界面类型。Jacob 对现有的 Post-WIMP 范例进行了总结，提出了基于现实的交互（Reality-Based Interaction, RBI）<sup>[9]</sup>，这一概念和相关框架为分析新兴用户界面提供了新的思路。

### 1.4.1 Non-Command User Interfaces

1993 年，Nielsen 提出了 Non-Command User Interfaces<sup>[7]</sup>的概念，并对传统用户界面和下一代用户界面的交互特征进行了深入的比较和研究。他指出，所有以前的用户界面风格，包括批处理方式、命令行方式、图形界面方式都可以统称为基于命令的界面。在这些界面中，计算机通过接收用户发出的精确的计算机命令来执行相应的操作。而下一代用户界面可以定义为非命令的界面。用户同计算机的交互并不通过发送精确的计算机所定义的命令；而是计算机根据用户的交互动作、分析用户的交互意图来执行相应的任务。这样用户的注意力就可以从关注操作控制转移到任务本身。