隔空手势交互的设计要素与原则

孙效华，周博，李彤
（同济大学，上海 200092）

摘要：目的 阐述隔空手势交互的特点、构成要素、构建过程及设计原则。**方法** 从隔空手势交互的优缺点和适用性出发，分析不同类型的手势交互的构建要素和过程，并针对手势交互的特点提出设计原则。**结论** 隔空手势交互的设计需从其本身特征、应用场景、交互原则等多方面进行考量。

关键词： 手势交互；交互设计；自然人机交互
中图分类号： TB472 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-3563(2015)08-0010-04

Design Key Elements and Principles of In-Air Gesture-Based Interaction

SUN Xiao-hua, *ZHOU Bo*, *LI Tong*
(Tongji University, Shanghai 200092, China)

ABSTRACT: It analyzes the characteristics, key elements, formation process and design principles of in-air gesture-based interaction. Starting from the strength and weakness of in-air gesture-based interaction, it analyzes the formation process of three major types of interaction, and further points out the design principles along with their utilization in different application scenarios. When designing in-air gesture-based interaction, one needs to consider its characteristics, application scenarios, design principles, and various other factors.

KEY WORDS: gesture-based interaction; interaction design; natural user interface

隔空手势交互（以下称作“手势交互”）是一种靠手部动作或形态传达信息的交互方式。随着基于计算机视觉、传感、肌电识别、红外感应等[1-3]手势识别技术的发展，手势交互正逐渐走入人们的生活。从虚拟或增强现实中的物体操控[4]，到电脑、手机、可穿戴设备的界面交互[5]，再到智能产品、智能电视、车载设备的功能控制[6]，手势交互正因其自然、非接触等优势以多元互补的方式融入人与产品和界面的交互之中。然而，手势交互的运用对识别技术和人的行为习惯的研究都有较高的要求。这里从手势交互的特点、构建和设计原则3个方面对其设计运用加以论述，希望能对这一新的交互方式的引入起到一定的推动作用。

1 手势交互的特点及适用性

作为一种自然人机交互方式，手势交互能够很好地弥补传统交互方式的不足，这源于它4个方面的优势：(1)直接性，手势是人类最古老的表达方式之一，来源于日常交流，容易形成自然的交互体验；(2)快捷性，对于有多个层级的复杂任务，手势因带有语意和空间属性，可以快捷地完成交互；(3)指向性，手势对传达方向、正负、是非等具有倾向性选择的信息较为有效；(4)易学习，手势的规则和定义都来自于用户的日常认知，较少受产品属性的限制，容易被用户接受

收稿日期： 2015-12-03
基金项目： 中国科技部国际科技合作与交流专项“中意跨国数字协同设计关键技术合作研究”(2012DFG10280)
作者简介： 孙效华(1972—)，女，河南安阳人，博士，同济大学教授，主要从事交互设计与用户体验研究。

和学习。

另外，手势也具有很大的局限性，主要有4种表现：(1)精确性低，使用手势交互时用户与对象有一定距离，故一般不易指向具体的位置；(2)易出现误判，用户个体差异、环境因素、参数设置等因素会影响手势识别的成功率；(3)表意受限，手势作为一种肢体语言，不具备像对话和文字表达那么强的表意能力，同时由于其精确度低，手势交互所能完成的操作指令有限；(4)对技术依赖性高，在很大程度上受限于识别技术的发展。

与其他输入外设(键盘、控制杆等)相比，手势是一种更自然的方式，但准确度和精确度相对较低。与语音相比，手势在多元文化背景下仍拥有普适性的语意，但适宜控制的功能类型没有语音广泛，比如语音可以完成精确数值调整的任务。与触控相比，手势可以完成跨层级的快捷操作，并且能使用户摆脱界面大小和距离的限制，但容易出现误判。

基于以上特征，手势交互一般较适用于用户与对象具有一定距离、与普适的手势语意契合、具有空间属性和指向性的任务；而不适用于需要精确调节、容易误触发并因此造成严重后果的任务，也不适用于作为实现某功能的唯一交互方式。

2　手势交互的要素

手势交互事件由主体(人)和客体(产品)参与，开始于主体行为(手势)结束于客体作用。主体行为的定义一般来源于引导，并依靠反馈对作用与否进行判断。心智模型则在行为和作用之间建立联系，并使之在交互过程中不断强化，完成手势交互的构建。

2.1　引导

在人与系统或设备进行手势交互时，因为缺乏类似于人与人之间进行手势交流时对所表达语意的共识，需要建立良好的引导，具体方式有4类：(1)示范，利用图形或动画展示手势的操作过程；(2)任务，让用户在完成一系列示范任务的过程中了解手势的操作步骤；(3)隐喻，利用具有隐喻性的图形或效果，如光影效果、惯性效果等，暗示手势的操作方式；(4)定义，支持用户自主选择或设计手势[7]。

2.2　反馈

在手势交互中，手势识别会在很大程度上受到技术的限制。加之用户与产品缺乏物理接触，很难精确地确定手势的输入值，用户容易对操作缺乏信心，因此，建立良好的反馈机制十分重要[8]。反馈的形式可以是提示音、指示灯，也可以是作用本身，或者由可穿戴设备、遥控器等外部设备提供。反馈一般有3种类型：状态的反馈，当前是否处于可以进行手势操作的状态；识别的反馈，手势是否被成功识别；作用的反馈，操作是否成功。

2.3　心智模型

心智模型的概念最初来源于认知心理学，而后被应用于人机交互领域。它是个体基于内心对自身及外界事物的理解与认知所构建出的知识结构，受学习过程与外界因素的影响会动态变化。心智模型是自然人机交互的基础，在手势交互的设计中考虑心智模型时，可以从心智模型与交互机制的匹配度和不同手势之间心智模型的差异两方面入手。

当手势的设计与用户心智模型匹配度高时，用户能够很快地掌握并不断强化这种关系，提升手势的可用性。当其匹配度低时，应有意地利用引导和反馈刺激用户，使其修正或重新建立新的心智模型，否则会使用户出现困惑，导致操作失误[9]。

在设计时可以利用不同手势之间心智模型的细微差异来得到更多的操作指令。例如，当一个页面和其中的控件同时具备移动的功能时，传统图形界面利用有效操作区域来进行区分，而这一方式在手势交互中极易引发误操作。经过研究发现，在用户的心智模型中，习惯用基于手掌和手指的操控来区分两者，因此，只要在交互中增加手形的参数就能获得两种不同的操作指令。

3　手势交互的类型

在对不同类型的产品进行手势操控时，从手势在交互过程中产生作用的方式，可以将其分为映射型手势、操作型手势和对话型手势。

3.1　映射型手势

在映射型手势中，用户的手势动作对应界面中的动作并与被操控物体的移动直接对应，手势特征即作用特征，其主要应用于虚拟现实[10]、互动装置或游戏中。

交互特点：(1)手翻转或摆动的幅度、方向会直接映射到界面的操控中去；(2)大多数是动态的手势，对识别精度要求不高，只需收集手的位置、动作趋势、速度、幅度等运动特征，但要求反馈及时准确，以带来自

然的交互体验。

3.2 操作型手势

在操作型手势中，用户将其既有的手势使用习惯延伸至对UI界面元素的控制，手势特征引发界面的变化，其主要应用于有交互界面的使用场景，包括与手机、智能电视、可穿戴设备、车内中控等界面的互动。

交互特点：可以对界面元素进行直接控制，其交互逻辑与传统鼠标和触控界面的交互逻辑接近，手掌或手指对应界面上的光标；可以快捷地利用手势语意实现界面功能[11]，如在与手机和可穿戴设备等的交互中，可以被用于完成精确度要求不高、方向性明确或常用功能的快捷操作任务，像切换歌曲、翻动网页等。又如，在手机息屏状态下，用隔空手势启动拨号或拍照功能。

值得注意的是，考虑到用户的肢体耐力，在交互过程中应避免让用户进行持续的界面操作。

3.3 对话型手势

在对话型手势中，用户与设备通过手势建立协议，手势的语意与控制的功能相对应，手势特征并不直接对应作用，其主要应用于对智能产品和智能家居系统的控制。

交互特点：手势语意与所控制的功能相匹配，与日常交流和生活中的操控经验紧密相关，控制的功能主要有开启、关闭、电器模式的转换和调整方向等；多采用模态化的手势，使用有限的手势分别对应不同产品的相似功能[12]。

在具体的设计中，可以根据不同的交互界面特点，进行多种类型的组合。例如，在车载自然人机交互中，与车内硬件设备互动时，用户会更倾向于使用与日常操控经验关联密切的对话型手势；与中控界面的手势交互时，多选用操作型手势来支持快捷的界面功能实现；在与基于挡风玻璃显示的界面交互时，为支持对增强现实和较多的界面功能的控制，多选择映射型手势和直接控制界面元素的操作型手势。

4 手势交互的构建

Boulabiar[13]等人曾对手势交互的完整流程进行过详细的论述，认为手势交互是一个由脑部活动、手部操作、探测、算法、对象表现、心智模型和反馈所构建的完整循环。这种观点对于研究手势交互的构建方式有很大帮助，但其更关注交互结果的实现。这里从其形成出发，认为3种不同类型的手势交互的构建过程与循环过程各有特点，见图1，映射型手势的构建模型比较简单；操作型手势形成循环的结构，在使用过程中心智模型不断被强化；对话型手势与操作型手势相似，但起点不同。

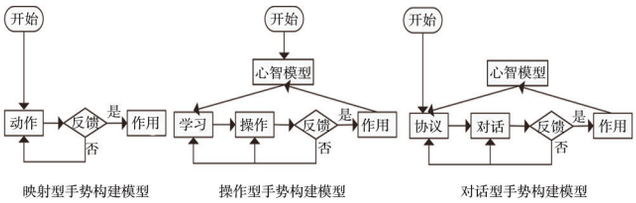

图1 3种不同类型的手势交互的构建模型

Fig.1 Formation model of three types of in-air gesture-based interaction

对于映射型手势交互，交互的结果是客体对主体动作（手势映射到作用）的映射。当动作产生后，主体若得到反馈即交互作用发生，若没有获得反馈，主体将会重复动作，因此，对映射型手势来说，反馈至关重要。

对于操作型手势交互，交互事件开始后，首先主体会借助心智模型对此次事件进行初步的解释和判断。根据交互客体所做的引导，用户调整或强化这种解释和判断后即开始操作（手势直接引起作用）。同时，客体会对操作给出反馈（往往就是作用本身）。若获得积极反馈，即表示作用产生，并再次调整或强化心智模型。若获得消极反馈，用户则会重新解读引导，再次学习这种交互形式。可见，对操作型手势来说，用户学习是其核心，难易程度取决于引导的效率以及交互模型与用户心智模型的匹配程度。

对于对话型手势交互，交互事件开始后首先是建立主体与客体之间的协议（例如“竖起拇指表示接听电话”），利用这种协议引导主体与客体间形成一次对话（手势不直接引起作用），若此次对话获得积极反馈，则代表作用产生，同时会建立一个心智模型，并在其后的交互过程中得到反复强化。反之，主体会重新确认之前的协议，并再次尝试对话。与操作型手势不同，对话型手势的作用并非直接来自于主体，而是由客体获得主体的指令后引发，因此，客体的状态及识别的反馈比较关键。

5 手势交互的设计原则

基于上述手势交互及其构建过程的特点，在手势交互的设计过程中需要着重考虑以下设计原则。

1）可靠性。由于手势交互具有与日常动作相同

的特征和模式,因此较容易引发误操作。可以通过提高操作方式的特殊性或增加操作步骤来避免误操作,提高可靠性,但要注意设置的合理程度,否则会影响产品的易用性和灵敏度。具体可以从以下几个方面着手:(1)范围限制,将手势的有效输入值(如速度、距离、位移、位置)设在只有刻意的手势操作才会达到的范围内;(2)场景限制,设定的手势只有在特定的场景下才会产生作用;(3)条件触发,在执行手势操作之前设置一个触发机制,例如手在设备前保持一定时间至指示灯亮;(4)操作确认,在关键操作之后请求用户的确认。

2)容错性。充分考虑用户在左右手习惯、反应时间、年龄、性别、文化背景、使用环境等方面的差异,手势识别的参数应设置在一个合适的区间内,并在保证避免误操作的前提下,允许手势在一定范围上的差异。

3)连贯性。在设计一个任务的手势时,应尽量减少用户的无效动作,充分考虑与前后任务的衔接,使它们联系紧密、配合流畅。

4)继承性。在对手势形式的选择和引导与反馈机制的设计上,应充分考虑与日常手势交流之间的继承性。

在不同的应用场景下,应结合各自手势交互的特点与需求,对不同的设计原则加以灵活运用。如在车载人机交互中,设计基于挡风玻璃显示的手势交互时,考虑到驾驶安全,可靠性与容错性较其他应用场景更为重要。对于智能家居与智能产品的手势交互,遵循连贯性与继承性的原则能够降低用户的学习成本,提高操控效率。在基于Leap Motion识别的界面交互中,连贯性原则的运用可以使界面的交互逻辑更加流畅清晰。

6 结语

隔空手势作为一种新的交互方式,尚未在人们的认知中形成像触控操作一样完整且系统的操作模式,需要从心智模型层面展开更多的深入研究,以支持设计出更为有效和自然的手势交互设计。这里分析总结了手势交互的特点和适用场景,并基于其组成要素研究了不同类型手势交互的构建过程,进而归纳出需要着重考虑的设计原则。为了发挥手势交互直接、快捷的优点,应充分考虑在不同类型的应用场景中手势交互的特殊需求,遵循手势交互的设计原则,构建符合用户心智模型的引导和反馈机制,从而带给用户自然的交互体验。

参考文献:

[1] RAUTARAY S S, AGRAWAL A.Vision Based Hand Gesture Recognition for Human Computer Interaction: a Survey[J]. Artificial Intelligence Review, 2012(5): 1—54.

[2] PREMARATNE P.Human Computer Interaction Using Hand Gestures[M].Dordrecht:Springer Singapore,2014.

[3] ATTENBERGER A, BUCHENRIEDER K.Remote Hand: a Wireless Myoelectric Interface[C].16th International Conference,HCI International 2014,2014.

[4] 尹超,何人可.符号学在VR手势交互设计中的应用研究[J].包装工程,2013,34(22):13—15.
YIN Chao, HE Ren-ke.Applications of Semiotics in Interaction Design of VR Gesture[J].Packaging Engineering,2013,34(22):13—15.

[5] SONG J, FANELLO S R, IZADI S, et al.In-Air Gestures around Unmodified Mobile Devices[C].UIST′14,2014.

[6] VATAVU R D.User-Defined Gestures for Free-Hand TV Control[C].EuroITV′12,2012.

[7] ZAMBORLIN B, BEVILACQUA F, GILLIES M, et al.Fluid Gesture Interaction Design: Applications of Continuous Recognition for the Design of Modern Gestural Interfaces[J].ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems(TiiS),2014,3(4):22.

[8] LEE S C, LI B, STARNER T.Air Touch: Synchronizing In-Air Hand Gesture and On-Body Tactile Feedback to Augment Mobile Gesture Interaction[C].Wearable Computers(ISWC), 2011 15th Annual International Symposium on,2011.

[9] NORMAN D A.Natural User Interfaces are′t Natural[J]. Interactions,2010,17(3):6—10.

[10] DARDAS N H, ALHAJ M. Hand Gesture Interaction with a 3D Virtual Environment[J].The Research Bulletin of Jordan ACM-ISWSA, 2011(2): 2078.

[11] HESSELMANN T, PIELOT M, HENZE N, et al.User-centred Process for the Definition of Free-hand Gestures Applied to Controlling Music Playback[C].Multimedia Systems, Springer-Verlag,2011.

[12] SMITHA J A, AGNAL T M T, JAGADESH B S, et al.Gesture in Air for Home Automation[J].IJREAT International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology,2014,2(2).

[13] BOULABIAR M I, COPPIN G, POIRIER F. The Study of the Full Cycle of Gesture Interaction, the Continuum between 2D and 3D[C].16th International Conference, HCI International 2014,2014.