

## 体感交互人因学研究回顾与展望\*

庞小月 郭睿桢 姚乃垠 于佳林 余诗贤 王 慈 高在峰\*\*

( 浙江大学心理与行为科学系 杭州 310007)

**摘 要** 人-机体感交互是个体使用肢体动作直接与机器进行的交互,是新近发展起来的自然交互方式。人因学研究是体感交互研究中的核心问题之一。笔者从体感交互的发展历史、已有体感交互方式、基于体感设备 Kinect 的人因学评估三个方面系统总结了体感交互的已有人因学研究,并对体感交互中存在的因学问题与潜在研究方向做了论述。

**关键词** 体感交互 人因学 Kinect

中图分类号: B849 文献标识码: A 文章编号: 1006-6020(2014) -03 -0243 -09

### 1 体感交互简介

继鼠标的发明使人机交互方式从早期的命令行界面( command line interface) 转变为图形用户界面( graphical user interface, 简称 GUI) ,当前人机交互开始向自然用户界面( natural user interface, 简称 NUI) 转变( Baraldi, Bimbo, Landucci, & Torpei, 2009) 。“自然”一词是相对于 GUI 而言, NUI 并不拘泥于某种特定的形式, 它是一种强调在预期使用情境下与目标用户群体已有心理模型相匹配的用户界面( 曹翔, 2011) 。NUI 采用基于视线跟踪、语音识别、手势输入、面部识别、感觉反馈等交互技术, 允许用户利用自身的内在感觉和认知技能, 以并行、非精确方式与机器进行交互, 旨在提高人

机交互的自然性和效率( 董士海, 王坚, & 戴国忠, 1999) 。在理想的 NUI 中, 用户可将注意完全集中于所从事的活动而忽略界面的存在, 即实现真正“自然”的交互。从 2008 年比尔·盖茨提出 NUI 的概念至今, 一系列人机交互的新技术包括第六感设备、增强现实、多点触摸、追影技术、虚拟现实、语音识别、体感操作和脑机接口等相继诞生( 余涛, 2012) , 正在从二维空间扩展到三维空间, 从接触式逐渐转变为非接触式。当前, 体感交互( gestural interaction) 从众多的自然人机交互技术中脱颖而出, 成为最为前沿的研究领域之一。

体感交互是指用户不借助任何控制设备, 直接使用其肢体动作与机器进行的交互, 一般需要手势识别、运动跟踪、体势识别、脸部表情识别等计算机技术的支持。

\* 基金项目: 国家自然科学基金( No. 31271089) 和中央高校基本科研业务费专项资金。

\*\* 通信作者: 高在峰, 特聘副研究员, E-mail: zaifengg@zju.edu.cn。

较其他自然交互技术而言,当前体感交互的设备使用更加简便,占用空间更小;由于用户无需直接接触,交互过程中用户具有更高的自由度,与机器的交互显得更加“自然”。此外,体感交互有效减少了用户与计算机硬件间的约束,对降低用户的认知负荷(Pantic, Pentland, Nijholt, & Huang, 2007)、提高用户的参与度和情感体验(Bianchi-Berthouze, Kim, & Patel 2007)具有积极作用。随着体感交互技术的日渐成熟,体感交互设备开始显露出它在实际应用中的巨大潜力(翟言,黄心渊, & 赵国英, 2013),并在智能家居(e.g., Choi, Kwon, Lee, Lee, & Chung 2012; De Miranda, Hornung, & Baranauskas, 2010; Kang et al., 2013; Kuhnelt et al., 2011; Lee et al., 2011; Liang, 2013; Vataavu, 2012; Wu & Wang, 2012)、商业(Zhang 2012)、教育(张诗潮 & 钱冬明 2014)等领域引发一系列变革。目前,体感交互被称为继鼠标和多点触摸之后“第三次人机交互革命的原点”(夏勇峰, 2011)。

目前常见体感交互设备有 Kinect(Microsoft)、Leap motion(Leap)、Wii(Nintendo)、iSec(联想)、CyWee(CyWee)等。这些体感交互设备经历了从利用特殊控制器(如Wii 2006年首次发售)至完全由人作为“控制器”(即Kinect, 2009年Microsoft首次发布)的发展历程。不同于早期的输入形式,体感交互的设备输入大多是手势、姿势和身体动作,这对数据采集和分析技术提出了新的要求。早期的体感交互设备都因计算成本过高或鲁棒性(robustness)过低而相对缺乏实用价值。Freedman, Shpunt, Machline 和 Arieli(2007)基于结构光技术研发的深度摄像机使价格低廉且高

效的体感交互设备概念成为现实,极大地推动了体感设备发展,并成为 Kinect 的核心技术。随着实时深度摄像机技术的日渐成熟,用于体感交互的人体动作识别算法也在不断进步。目前研究者主要采用 Shotton 的动作识别算法,该算法通过将动作识别问题转化为更简单的形状识别问题,实现对动作的快速、有效识别(Shotton, Sharp, & Kipman 2013)。

Pavlovic, Sharma 和 Huang(1997)基于计算机技术,从对动作的建模、分析和识别等出发实现体感交互的早期研究进行了总结。然而,作为人机交互重要内容的体感交互人因学研究(Duke, 1995)迄今尚未见研究者对其进行系统梳理总结。本文将从人因学的角度出发,对已有体感交互人因学研究进行系统总结与分析,以期对今后相关研究提供参考与指导。考虑到目前体感交互以基于 Kinect 的开发应用最为广泛,笔者主要集中讨论基于 Kinect 的体感交互人因学研究。

## 2 体感交互的方式

### 2.1 体感交互设计原则

体感交互设计过程中,设计者需考虑应用场景大小、目标用户身高、多用户共同操作、特殊群体的心理特征等多种因素。如罗伟斌(2013)基于儿童认知能力发展水平的特殊性,提出儿童体感交互界面应多采用实物,尽量不使用复杂的隐喻;采用多通道输入,减少儿童学习时间,增强用户体验和可用性。余涛(2012)针对 Kinect 以隔空体感交互作为主要的特点,归纳了七条设计原则:①控制手势集符合人类自然手势;②让用户的肢体移动幅度尽可能小;③操作界面的对象采用 Metro 风格\*;④“确认

\* Metro 风格:在微软 windows 8 系统中采用的设计风格,去除了冗余的界面元素,以色块搭配大字体和简单图标呈现信息。

操作”保持简单、一致;⑤手势操作尽可能在同一平面内;⑥在设计时考虑到交互空间的三维性;⑦配有简单明了的手势说明。此外,开发者在交互设计时需要考虑标准动作(如“后退”、“退出”)在不同游戏任务中的一致性,建立具有普适性的标准手势系统是研究者面临的一大挑战(Nielsen, 2010)。

## 2.2 Kinect 中的按钮设计

在 Kinect 的使用过程中,用户主要通过手势或身体姿势(gesture)与设备进行隔空交互,而这一交互过程的实现目前主要通过与屏幕上的按钮(button)交互完成。

Kinect 中使用的按钮主要包括悬停按钮(hover button)、确认悬停按钮(confirm hover button)与滑动按钮(swipe button)三类(Nielsen 2010; Pirttiniemi 2012)。

悬停按钮是通过手在按钮上方悬停一段时间来触发的按钮(图1)。触发悬停按钮的动作进程在光标离开按钮区域后即停止,故它主要适用于非重复性动作的交互情景。此外,悬停按钮交互是最容易学习的交互方式,但存在误触发的风险。



黑色是已读取的时间,白色是激活需要的读取时间

图1 悬停按钮:接触一段时间才能被激活

确认悬停按钮是通过悬停选择指令,并进行二次确认的按钮。在使用这类按钮时,用户实际是通过触发新产生的确认按钮触发动作(图2)。确认悬停按钮在使用中的二次确认过程虽防止了错误触发的发生,但增加了人-机交互时间,影响效率。

滑动按钮本质上并非属于按钮,而是一种无光标导航的特殊菜单项浏览方式,通过水平和垂直滑动运动执行激活。其概念在某种程度上与姿势有所重叠。



黑色是已读取的时间,白色是激活需要的读取时间

图2 确认悬停按钮:触发激活新的确认按钮,

二次确认才能触发动作

## 2.3 Kinect 中的姿势设计

姿势是一种包括人体肢体运动在内的非语言沟通形式,它源自人与人之间的自然互动(Kortum 2008)。姿势可分为先天姿势与后天姿势(Microsoft 2013)两类,也可分为基于技术的(technology-based,工作环境赋予姿势意义)与基于自身的(human-based,人类日常活动赋予姿势意义)姿势两类。姿势可单独使用,也可配合按钮使用,是基于 Kinect 的自然交互中主要的交互类型。根据姿势形成过程中涉及的身体部位及范围,一般将其分为全身姿势(body gesture)、手臂姿势(arm gesture)与手部姿势(hand gesture)三类(Pirttiniemi 2012)。

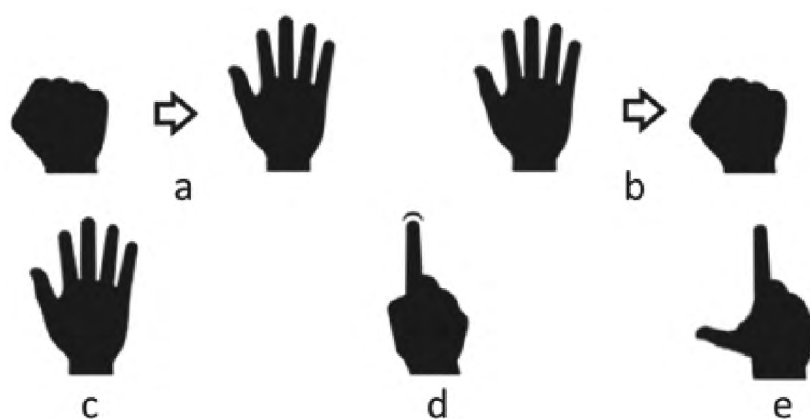
全身姿势包括用户所有躯体部位的姿势,包括如手臂姿势、手部姿势等。虽然全身姿势不适合传统的用户交互界面,但在体感游戏中意义重大。全身姿势的意义与设计往往由具体的环境决定,此处不做赘述。

手臂姿势在记录时只跟踪用户的手臂运动,而不跟踪身体与手的动作。在基于 Kinect 的人机交互中,用户使用的姿势主要包括滑动(swipe)、推动(push)、画圈(circle)与挥动(wave)四种(Pirttiniemi, 2012)。这四种姿势的轨迹差异较大,在识别过程中不易出错。滑动一般用于菜单导航界面中的选择操作(包括垂直方向与水平方向)。此外,从右向左划动通常表示取消一个行动或返回先前的屏幕菜单;从左到右划动一般表示选择一个菜单项或进入下一个菜单屏幕;上下滑动一般表示浏览

菜单项的列表。推动手势是天生姿势的一种;在推动动作中,手臂和手均朝向 Kinect 设备移动。当交互界面没有给出明确的指令或提示时,用户常会尝试这一动作(Microsoft 2013)。与其他手臂姿势不同,推可用来模拟 GUI 界面中鼠标的点击动作。在画圈姿势中,手臂做顺时针或逆时针的圆周运动。同前述其他姿态不同,该手臂姿势无确切的开始或结束点,故常在用户主动控制的情景中使用,如浏览长串列表时,用户可通过画圈的方向与速度来控制浏览的方向与速度。挥动是 Kinect 的默认开始姿势,从而使 Kinect 识别出需追踪的用户,

该操作具有独特意义,因而不易与其他手势相混淆。

手部姿势或称手势,指仅用手部完成的操作,只包括手势执行的动作而不包括手臂或身体其他部分的移动。它包括封闭手掌(closed palm gesture)、打开手掌(open palm gesture)、五指伸开(five fingers gesture)、食指指点(pointing index finger gesture)和 L 形手势(L-gesture)等(图 3)。这些手势的意义往往由开发者根据任务情景需要决定,在具体使用时一般会给出指引与说明。



a. 打开手掌; b. 封闭手掌; c. 五指伸开; d. 食指指点; e. L 形手势

图 3 Kinect 使用的主要手部姿势

按钮与手势的匹配可以提供更为流畅的使用体验,因此研究者一直致力于该方面的研究,不断尝试开发新的交互形式。由于双手操作的复杂性较单手更高,同时需要用户具有更高水平的熟练度(Microsoft 2013),因此现有 Kinect 交互方式多以单手方式进行。在以单手操作为主的系统中,以悬停和确认悬停按钮这两种交互方式最为常见。但是,值得一提的是,Pirttiniemi(2012)发现,双手推按钮(two-handed push button)比这两种按钮更为高效与便捷。

### 3 基于 Kinect 的人因学评估

虽然开发 Kinect 的初衷主要是为了提高用户的游戏体验,但由于其搭载的出色骨骼识别系统与动作追踪系统,它在学术研究中的应用也被逐渐开发。

#### 3.1 人体静态数据采集及其准确性评估

Bonnechere(2014)提出可以用 Kinect 进行快速、准确的人体静态数据测量,并对其可靠性进行了检验。该研究发现, Kinect 在垂直方向的测量准确度高于水平方向,且其测量准确度受距离影响。此外该研究

还发现,若以百分比形式呈现测量数据,则可减弱距离对准确度的影响。

### 3.2 姿势的三维记录及其准确性评估

人因学的诸多研究需记录与分析人体姿势、肢体运动以评估身体负荷程度,并预测潜在伤害。传统研究中一般采用三维影像采集相应数据,但这些设备在技术方面存在诸多限制(如体积过大、探测过程易受环境干扰),难以在实际工作环境下采集人的动态姿势信息。Kinect 及相关技术的发展为高效三维动作记录提供了新的途径,达到了足以替代其他复杂且昂贵系统的采集精度。Dutta(2012)将 Kinect 与 VICON 光学运动捕捉系统<sup>\*</sup>在数据采集精度方面进行了对比研究,发现 Kinect 的测量精度在一定的测量区域内可与 VICON 系统媲美。在姿势负荷的评估方面,Diego-Mas 和 Alcaide-Marzal(2014)发现当观察者面向传感器时,Kinect 的结果与传统劳动姿势分析系统 OWAS<sup>\*\*</sup>具有较高的一致性。此外,Kinect 的探测范围足以涵盖一般工作场景中躯体的运动范围:其测量的有效视野在水平方向上约为 54 度,在垂直方向上约为 39.1 度(Dutta 2012)。

### 3.3 主观体验增强

使用体感交互可有效提高用户在执行任务过程中的良好主观体验。游戏设计者目前日益关注游戏控制器在提高玩家体验中的作用,发现在条件允许范围内增加身体运动可提高玩家游戏参与水平(Bianchi - Berthouze et al. 2007),甚至可增进亲子关系互动,提升家庭成员亲密度(马建荣,章苏静 & 李凤,2012)。此外,Kinect 作为输

入装置帮助人们将虚拟物体投射到现实环境中,增加个体身临其境的感觉(Vera ,Gimeno ,Coma ,& Fernández 2011)。

## 4 体感交互存在的问题及研究展望

尽管体感交互技术当前已取得了重大突破,体感交互设备如 Kinect 目前在数据测量、影像采集及信息处理等方面具有其独特优势,从上文可以看出,有关体感交互的人因学研究仍相对欠缺,诸多人因问题亟待解决(Nielsen 2010)。以下笔者从七个方面举例简述。

(1) 肢体姿势设计的人因学问题。体感交互通过肢体动作直接与机器交互而达到自然交互的目的,但目前设备所采用的大多数姿势(特别是手势)既不自然,也不容易学习与记忆(Liang 2013)。这对用户快速学习并使用相关设备造成了一定的障碍。在姿势设计过程中,如何使用户快速建立姿势 - 功能联接,并尽可能降低用户的记忆负荷,急需相关心理学研究的支持。笔者最近的研究表明,个体对肢体动作的工作记忆容量仅有 3 ~ 4 个(Gao ,Bentin ,& Shen ,in Press; Shen ,Gao ,Ding ,Zhou ,& Huang 2014)。因此,当个体需要学习相关体感交互的动作姿势时,不能一次性给予太多的新姿势学习。此外,用户的经验(包括对物理规律的感知,已有人机界面模式的使用经验、社会文化习俗)、反馈方式(赵洋帆 et al. ,submitted)均会影响个体的动作使用与习得。如尽管当前的体感设备均在尽可能使用简单姿势,但是它们似乎并

\* VICON 光学运动捕捉系统是目前应用最为广泛、发展最为成熟的一类动作捕捉技术,它通过对目标上特定光点的监视与跟踪来完成运动捕捉任务。

\*\* 劳动姿势分析系统(OWAS)是一分析用户工作姿势的分析系统,通过对身体各部分进行姿势与负荷的编码进而获得结果。

未考虑不同文化背景下姿势的含义可能会不同(Norman, 2010)。如OK手势在美国表示赞同,但在日本也可能表示金钱。体感交互设计中如何对这些因素进行整合亦有待进一步探讨。

(2) 体感交互的反馈问题。肢体动作稍纵即逝,不留下任何可见痕迹。因此,对用户提供必要的反馈告知其肢体输入是否已正确输入、成功识别至关重要(Nielsen, 2010; Norman, 2010)。目前体感交互的信息反馈主要来自视、听通道。然而,这两类信息反馈如何提供,以何种形式提供均有待进一步探讨。如笔者最近发现,是否提供用户的躯干信息对用户任务的绩效与主观体验具有重要影响(赵洋帆 et al., submitted)。此外,个体在日常的生活中会接受多种通道的信息反馈,如接触物体表面可获知物体的形状、纹理、压力、温度等信息。这些信息对我们获得精确环境感知具有重要作用。如何给用户提供合适的反馈,以及如何提供多模态反馈信息等值得开展研究。

(3) 体感交互的可靠性问题。不同于传统的交互方式,在体感交互中用户可能会在无意间做出某个动作,但却可能触发某个相关功能。这将导致用户无法理解系统的当前状态或操作与结果间的关联,使得用户对系统的控制感下降甚至丧失。这种可靠性问题需要在设计中尽可能避免,如尽量提高系统的容错性等。

(4) 用户体验有待进一步提高。目前Kinect的传感器已能非接触的测量人体骨骼、动态追踪肢体动作,但目前它对精细动作的识别仍存在不足。在体感交互中存在着动作误识别、过度识别、输入延迟等问题,极大影响人-机交互的流畅性。此外,体感交互领域缺乏GUI界面中比较成熟的可用性指导原则,甚至存在“那些已被充分

测试和理解过的交互设计标准正被颠覆、忽略和背离”的现象(Norman, 2010)。与之相关,体感交互更多地涉及个体的肢体动作,其背后的心理机制、消耗的认知资源不同于以往的视觉、听觉交互方式。如已有研究提示,肢体动作具有独立于一般视觉刺激的工作记忆存储空间(e.g., Shen et al., 2014),同个体的镜像神经元系统紧密相关(Cook, Bird, Catmur, Press, & Heyes, 2014)。如何结合已有的心理学、神经学研究,提出基于肢体运动的交互设计指导原则是今后研究者需解决的问题。

(5) 设计与体感交互相匹配的软件界面。将图形界面应用于体感交互首先由Freeman和Weissman(1994)提出。目前Kinect采用的Metro界面是专为触摸界面设计的图形界面。尽管该界面目前已广泛应用、获得众多用户认可,但当与Kinect结合时是否存在区别于手指在触摸屏上交互的设计要素,以及用户的行为模式是否与GUI界面下的模式相同(如目前NUI主要存在于游戏场景下,用户的注意力分布可能不同于GUI下的分布;Nielsen, 2010),有待进一步明确。

(6) 体感交互中的生理疲劳监测。体感交互使用肢体动作进行交互,且很多情况下是在较大空间范围内进行。用户若长时间进行相关的交互(特别是在游戏领域),较易发生生理疲劳。如若不及时给予用户相关的提示或反馈,则可能会影响其后续的工作或生活。目前,体感交互设备中缺乏相关生理疲劳监测与反馈,建议在今后的设计与研究中予以关注。

(7) 体感交互在特殊环境与用户中的应用。体感交互不仅在电视菜单控制、智能家居中具有重大应用价值(e.g., Choi et al., 2012; De Miranda et al., 2010; Kang et al., 2013; Kuhnelt et al., 2011; Lee et al.,

2011; Liang, 2013; Vataavu, 2012; Wu & Wang 2012) 而且可缓解航空、航天、汽车驾驶等特殊领域对视觉通道的过多依赖, 弥补高龄人士与残障群体在身体、精神状态上的缺陷 (e. g., Bhuiyan & Picking, 2009; Guesgen & Kessell, 2012)。然而, 现有的体感交互系统主要以具有正常行动能力的人群作为目标群体, 对特殊环境、用户的使用缺乏相关支持。Pickering, Burnham 和 Richardson (2007) 指出, 目前很少有研究从驾驶员认知、行为和驾驶动作局限性等人因学角度出发对体感交互设计进行研究。今后应该加强该方面的人因研究。

## 参考文献

- 曹翔. (2011). 自然用户界面自然在哪儿. *中国计算机学会通讯* 7 (11), 14 - 18.
- 董士海, 王坚, & 戴国忠. (1999). *人机交互和多通道用户界面*. 科学出版社.
- 罗伟斌. (2013). *儿童自然人机交互技术研究*. 信息与电子工程学系. 浙江大学.
- 马建荣, 章苏静, & 李凤. (2012). 基于体感技术的亲子互动游戏设计与实现. *中国电化教育*, 308.
- 夏勇峰. (2011). Kinect 与人机交互的未来. *商业价值* (2), 60 - 63.
- 余涛. (2012). *Kinect 应用开发实战: 用最自然的方式与机器对话*. 北京: 机械工业出版社.
- 翟言, 黄心渊, & 赵国英. (2013). 基于体感交互技术的虚拟展示系统. *电视技术*, 37 (21), 16 - 20. 17 (5): 46 - 49.
- 张诗潮 & 钱冬明. (2014). 体感技术现状和发展研究. *华东师范大学学报(自然科学版)*.
- 赵洋帆, 杜娜, 许心明, 顾全, 王立鑫, 高在峰, 王慈 (Submitted). 反馈方式对体感菜单操作用户体验的影响——一项基于 Kinect 的可用性研究.
- Baraldi, S., Bimbo, A., Landucci, L., & Torpei, N. (2009). Natural Interaction. In Ling Liu & M. Tamer Özsu (Eds.), *Encyclopedia of Database Systems* (pp. 1880 - 1885): Springer US.
- Bhuiyan, M., & Picking, R. (2009). *Gesture - controlled user interfaces, what have we done and what's next?* Paper presented at the 5th Collaborative Research Symposium on Security, E - Learning, Internet and Networking (SEIN 2009), Darmstadt, Germany
- Bianchi - Berthouze, N., Kim, W. W., & Patel, D. (2007). Does body movement engage you more in digital game play? And why? In A. Paiva, R. Prada, & R. W. Picard (Eds.), *Affective Computing and Intelligent Interaction* (Vol. 4738, pp. 102 - 113). Springer Berlin Heidelberg.
- Bonnechère, B., Jansen, B., Salvia, P., Bouza-houene, H., Sholukha, V., Cornelis, J., Ro-ozé, M., Van Sint Jan, S. (2014). Determination of the precision and accuracy of morphological measurements using the Kinect sensor: Comparison with standard stereophotogrammetry. *Ergonomics*, 57 (4), 622 - 631. doi: 10.1080/00140139.2014.884246
- Choi, E., Kwon, S., Lee, D., Lee, H., & Chung, M. K. (2012). *Can user - defined gesture be considered as the best gesture for a command? Focusing on the commands for smart home system*. Paper presented at the human factors and ergonomics society 56th annual meeting, Boston, USA.
- Cook, R., Bird, G., Catmur, C., Press, C., & Heyes, C. (2014). Mirror neurons: From origin to function. *The Behavioral and Brain Sciences*, 37 (2), 177 - 92. doi: 10.1017/S0140525X13000903
- De Miranda, L. C., Hornung, H. H., & Baranauskas, C. (2010). Adjustable interactive rings for iDTV. *IEEE T Consum Electr*, 56 (3): 1988 - 1996.
- Diego - Mas, J. A., & Alcaide - Marzal, J. (2014). Using Kinect sensor in observational methods for assessing postures at work. *Applied Ergonomics*, 45 (4), 976 - 985. doi: 10.1016/

- j. apergo. 2013. 12. 001.
- Duke, D. J. (1995). Reasoning About Gestural Interaction. *Computer Graphics Forum*, 14(3), 55 – 66. doi: 10.1111/j.1467-8659.1995.cgf143\_0055.x
- Dutta, T. (2012). Evaluation of the Kinect sensor for 3-D kinematic measurement in the workplace. *Applied Ergonomics*, 43(4), 645 – 649. doi: 10.1016/j.apergo.2011.09.011.
- Freedman, B., Shpunt, A., Machline, M., & Arieli, Y. (2007). Depth mapping using projected patterns. *US, US8150142 B2*.
- Freeman, W. T., & Weissman, C. D. (1994). Television Control by Hand Gestures. *Intl. Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition*, pp. 179 – 183.
- Gao, Z., Bentin, S., & Shen, M. (in press). Rehearsing biological motion in working memory: an EEG study. *Journal of Cognitive Neuroscience*.
- Guesgen, H., & Kessell, D. (2012). *Gestural control of household appliances for the physically impaired*. Paper presented at the 25th international Florida artificial intelligence research society conference, Macro Island, USA.
- Kang, B., Choi, E., Kim, H., Lee, M., Oh, S., Jeong, D. Y. et al. (2013). *Research on the gesture design tendency of UI experts and users: Focusing on domestic appliances*.
- Kortum, P. (2008). *HCI beyond the GUI: design for haptic, speech, olfactory, and other nontraditional interfaces*. Morgan Kaufmann.
- Kuhnel, C., Westermann, T., Hemmert, F., Kratz, S., Muller, A., & Moller, S. (2011). I'm home: Defining and evaluating a gesture set for smart-home control. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(2011) 693 – 704, 69(2011) 693 – 704.
- Lee, S. S., Maeng, S., Kim, D., Lee, K. P., Lee, W., Kim, S., & Jung, S. (2011). *FlexRemote: exploring the effectiveness of deformable user interface as an input device for TV*. Paper presented at the 14th international conference on human – computer interaction, Orlando, USA.
- Liang, S. F. M. (2013). *Control with Hand Gestures in Home Environment: A Review*. Paper presented at the Institute of Industrial Engineers Asian Conference 2013, Springer, Singapore.
- Microsoft. (2013). *Human interface guidelines*. Kinect for Windows v1. 8. from <http://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=247735>.
- Nielsen, J. (2010). Kinect Gestural UI: first Impressions. *Jakob Nielsen's Alertbox*.
- Norman, D. A. (2010). Natural user interfaces are not natural. *Interactions*, 17(3), 6 – 10.
- Pantic, M., Pentland, A., Nijholt, A., & Huang, T. (2007). Human computing and machine understanding of human behavior: A survey. In T. S. Huang, A. Nijholt, M. Pantic & A. Pentland (Eds.), *Artificial Intelligence for Human Computing* (Vol. 4451, pp. 47 – 71). Springer Berlin Heidelberg.
- Pavlovic, V. I., Sharma, R., & Huang, T. S. (1997). Visual interpretation of hand gestures for human – computer interaction: A review. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 19(7), 677 – 695. doi: 10.1109/34.598226.
- Pickering, C. A., Burnham, K. J., & Richardson, M. J. (2007). *A Research Study of Hand Gesture Recognition Technologies and Applications for Human Vehicle Interaction*. Paper presented at the 3rd Conf. on Automotive Electronics.
- Pirttiniemi, T. (2012). Usability of natural user interface buttons using Kinect.
- Shen, M., Gao, Z., Ding, X., Zhou, B., & Huang, X. (2014). Holding biological motion information in working memory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 40(4), 1332 – 1345. doi: 10.1037/a0036839.
- Shotton, J., Sharp, T., & Kipman, A. (2013). Real – time human pose recognition in parts from single depth images. *Communications of the ACM*, 2013, 56(1): 116 – 124.



- Vatavu , R. D. ( 2012) . *User – defined gestures for free – hand TV control*. Paper presented at the 10th European conference on interactive TV and video , Berlin , Germany.
- Vera , L. , Gimeno , J. , Coma , I. , & Fernández , M. ( 2011) . Augmented mirror: Interactive augmented reality system based on Kinect. In P. Campos , N. Graham , J. Jorge , N. Nunes , P. Palanque & M. Winckler ( Eds. ) , *Human-computer interaction-INTERACT 2011* ( Vol. 6949 , pp. 483 – 486 ) : Springer Berlin Heidelberg.
- Wu , H. , & Wang , J. ( 2012) . *User – defined body gestures for TV – based applications*. Paper presented at the 4th international conference on digital home , Guangzhou , China.
- Zhang , Z. Y. ( 2012) . Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. *IEEE Multimedia* , 19( 2) , 4 – 10.

## Human Factor Studies on Gestural Interaction: Past , Present , and Future

PANG Xiao-yue GUO Rui-zhen YAO Nai-lang YU Jia-lin YU Shi-xian WANG Ci GAO Zai-feng  
( Department of Psychology , Zhejiang University , Hangzhou 310007 , China )

### Abstract

Gestural interaction is a recently developed natural interaction manner , in which users interact with the machine directly with their body movements. The human factor ( HF ) studies are a core aspect in studies of gestural interaction; however , so far the HF study of the gestural interaction has not been systematically summarized. The current study closes this gap by reviewing the extant HF studies on the gestural interaction. We first introduce the history of

gestural interaction , and then summarize the current interaction manners of Kinect and the Kinect-based human factor assessments. Finally , we discuss the potential shortcomings of the current gestural interaction system as well as the possible HF research directions.

**Key words:** Gestural interaction , human factor , Kinect