

文章编号:1000-582X(2004)06-0041-04

穿戴计算输出接口技术*

李刚^{1,2},张红¹,李红梅¹,黄席樾²

(1.重庆工学院计算机系,重庆 400050;2.重庆大学自动化学院,重庆 400030)

摘要:机器人用于动态、非结构化的环境中或必需有人参与才能完成的任务时,强调以人为本、人机合作,而基于穿戴计算的人机交互设备可使人与机器人维持持续不断的交互。分析和比较了显示、声音、振动、触觉、力觉等输出及设备现状,总结了多种穿戴输出接口和设备的特点、缺陷及避免方法。为避免虚拟现实接口屏蔽本地信息、大量占用传输带宽和穿戴输出设备资源,输出接口应采用增强现实技术,用经过过滤的远程信息来提高人对本地和远程状态的意识。

关键词:人机交互;输出接口;穿戴计算;增强现实

中图分类号:TP242.6

文献标识码:A

智能机器人已具备多种低层次仿人智能和一定的逻辑思维能力,应用前景非常广阔。但其研究与应用目前仍面临诸多难题,如:1)在动态的、非结构化的环境中,依靠现有的机器感知尚无法完全正确识别环境;2)机器智能还很有限,多数情况下,必须由人控制才能完成任务,否则系统将过于复杂、代价高昂,可靠性和实用性差;3)很多场合需要机器人服从人的“指挥”或主动地辅助人,增强人的感知和体能。

在上述场合,机器人的使用仍然强调^[1-2]:1)“以人为本(Human-Centered)”,即机器人应感知环境和人的需求,主动地为人服务,充当人的智能助手或代理,使机器人“围着人转”;2)“合作(Collaborative)”,人的智能应参与到机器人的控制中去,完成单靠机器人自身较难承担的任务,降低机器人的构成复杂度。

以人为本和人机合作,既需要进行合适的人机分工,也需要先进实用、坚固可靠、可商品化的人机交互技术。笔者试图从不同的角度观察和总结多种实用的人机交互输出技术、设备及作用、现状、特点。

1 人机交互与穿戴计算技术

人机交互设备作为人与机器人之间交流信息、进行对话的媒介,是人操作、控制机器人的操作控制设备

和专门扮演远程操作的控制台。不管是“以人为本”还是“人机合作”,都要求交互设备具有持续交互的能力。而“持续性(Constancy)”正是基于“穿戴计算(Wearable Computing,简称为WearComp)”^[3]技术的交互设备的优良特性之一,表现为:1)在时间上,WearComp设备不间断地运行,提供了持续的用户接口,即总是准备好与穿戴者交互,信息流连续不断地在人与穿戴计算设备之间双向流动;2)在空间上,WearComp设备体积小、重量轻、便携性好,便于移动使用,见图1。

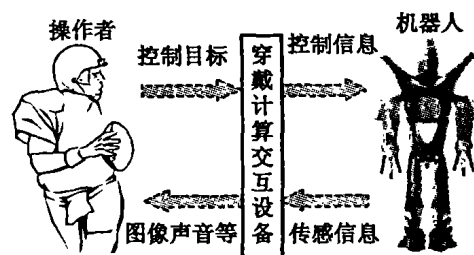


图1 基于穿戴计算的人机交互基本结构

因此,采用现有成熟的、基于穿戴计算技术的人机接口设备进行人机交互,一方面,穿戴输入设备不受时空约束地将人的控制目标转变为对机器人的控制信息,让人与机器人合作完成任务;另一方面,穿戴输出设备不受时空约束地将远程机器人的信息以图像、声

* 收稿日期:2004-01-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(69674012)

作者简介:李刚(1968-),男,四川泸州人,重庆大学博士研究生,重庆工学院讲师,主要从事计算机控制技术的研究。

音等各种形式向人表达,让人真正处于智能的高级指挥中心和被服务的中心,集中精力于任务,最大限度地发挥人的智能,很好地满足了人机交互对持续性的要求。

2 基于穿戴计算的人机交互输出接口技术现状和特点

作为人机交互的一个重要方面,输出(即反馈)接口向人传递、表达机器人的位置、状态、环境、视觉和控制等信息。目前,已成熟并适合人机交互的、基于穿戴计算的输出方式主要包括:视觉显示、声音、振动/触觉/力觉等。

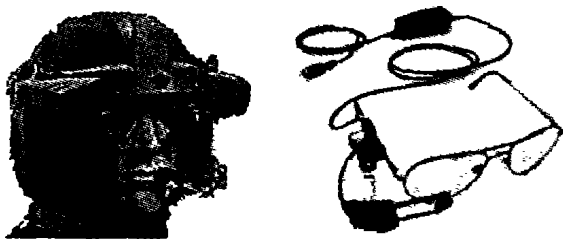
2.1 穿戴显示技术和设备

迄今为止,实时图像显示仍是人机交互依赖最多的反馈方式,基于图像的视觉方式向操作者提供机器人的动作、状态、现场信息等,使操作者获得较强的临场感^[4]。视觉反馈适用于:1)信息反馈量大、复杂,事件的发生与空间、位置有关;2)信息不急于立即处理;3)操作环境过于嘈杂或声音信息反馈量很大;4)操作者的位置相对固定。

由于体积、能耗等的限制,目前较好的基于穿戴计算的显示设备主要是:1)采用液晶(LCD)的头戴显示器(Head Mounted Displays, HMD);2)虚拟视网膜显示(Virtual Retinal Display, VRD)设备。前者已经有较为成熟的产品,后者有望在不久的将来用于人机交互。

2.1.1 头戴显示器

典型的可用于人机交互的 HMD 产品如:1)由 Kaiser 所研制的野战步兵 HMD,采用 1 280 × 1 024 像素的 LCD,提供 35°(高) × 52°(宽)的视野(图 2(a))。它作为一种高端的便携式显示设备,用于控制远程机器人非常方便。2)由 Micro Optical 开发的“隐形显示”设备,集成了隐形显示器、光学镜片、安装臂和 VGA/NTSC 转换装置,由眼镜腿上的安装臂将隐形显示器夹在镜片中央向操作者显示信息,同时操作者仍可通过眼镜镜片看见周围环境(图 2(b))。



(a) Kaiser 的野战步兵 HMD (b) MicroOptical 的隐形显示设备

图 2 头戴显示器设备

由于 HMD 的可穿戴和便携性,同时 HMD 能融合双眼所见图像,因而最大限度地减小了同时管理两个

分开的视觉输出所造成的不便,使之能在很大程度上满足人机交互的要求。但 HMD 产品仍存在以下问题:1)由于显示空间、视野宽度、媒体种类的限制,其显示能力、灵活性、可显示信息量等都还有待进一步提高;2)易碎、庞大、笨重;3)阻碍视线;4)分辨率低、亮度调节范围窄、色彩丢失、缺乏透明度;5)耗电量大;6)不自然,引起视觉的不适,甚至引起运动病等。

2.1.2 虚拟视网膜显示设备

华盛顿大学 HIT 实验室在 1991 年提出虚拟视网膜显示(VRD)技术,基于该技术的设备用低强度的激光和微机电装置扫描图像,由计算机根据需要直接控制图像特征,如改变图像的大小和视距,再将图像直接送到人的视网膜上(图 3)。虽然 VRD 不需使用耗电大的 LCD,也无需让操作者专注于近处设备上的光学装置,但却能获得清楚、明晰、透明的显示效果。该技术尚需作进一步实用化的研究,以克服显示与眼睛难以完全保持一致等难题。由于其前景诱人,美国商界投入了巨资,美军也在研究将 VRD 用于下一代增强现实 HMD 系统^[5],其实用化只是时间的问题。



图 3 虚拟视网膜显示(VRD)设备

2.2 穿戴声音输出技术和设备

在人机交互中,声音反馈可增强人对远程环境的感知。听觉信息可为视景伴音,对视觉效果进行增强和渲染,也可单独提供重要信息,操作者通过声音可获得不可见事件或实体的行为、状态信息。适合采用声音输出进行人机交互的场合有^[6]:1)信息简单、短小;2)事件的发生与时间有关,需要立即处理;3)视觉反馈量过大、人的视觉负担太重;4)所处位置太亮或太暗,或需要在二者之间频繁切换;5)在操作者不断移动的场合,由于视觉反馈实现起来复杂,则考虑采用声音反馈。

与其他输出相比,声音反馈的主要优点在于:1)发送、接收不受角度和方位的限制;2)信息量小,实时性好,便于无线传输,其接口和设备的复杂程度、体积、能耗、成本较低,可穿戴性较好;3)增强操作者对远程环境的感知,获得较强的临场感和沉浸度;4)适当的反馈可避免操作者的分神,并提供及时的提示、报警等。

声音反馈的不足主要体现在:1)可表示的信息范围、灵活性、可理解性不高,易受环境噪声影响;2)单

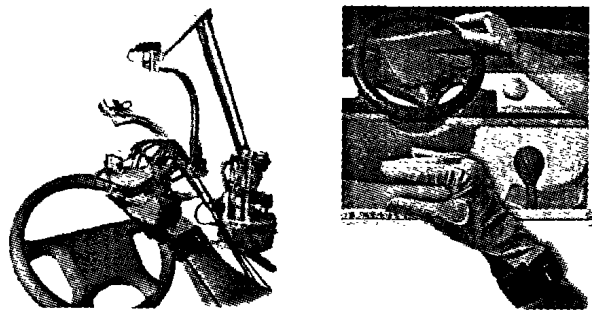
声道反馈不能定位声音来源, 弱化信号检测, 降低语音可懂度; 而双声道和立体声也不能定位声音来源, 且实现较为复杂; 三维立体声反馈效果较好, 但实现起来更为复杂; 3) 可穿戴的声音设备(头戴式耳机)在向操作者提供远程环境信息的同时, 会屏蔽掉本地声音, 减弱其对本地状态的意识, 而这些声音往往对操作者有重要作用, 如正在迫近的本地危险。

解决的方法包括: 1) 如简单的声音输出就足以提供所需反馈信息的场合, 则不采用其他反馈方式; 2) 声音输出作为增强人对远程环境的感知, 在视觉反馈不够时, 将声音反馈作为补充, 利用听觉信息为视景伴音, 对视觉效果进行增强和渲染, 并提供提示、报警等功能; 3) 根据需求选择不同的声音反馈方式; 4) 为避免头戴式耳机屏蔽本地声音, 可通过头部骨骼直接传导声音, 因为声音通过骨骼传导和通过空气传导时, 人的声音识别阈值和噪声屏蔽特征差别都不大。

2.3 穿戴振动/触觉/力反馈技术和设备

研究表明: 力觉和振动作为两种互补的模式, 可同时用于反馈; 采用了触觉/力反馈以后, 能提高人的主观感觉, 操作会有效得多, 如用操纵杆通过力反馈来远程操作机器人^[7], 因此对于人机交互, 振动/触觉/力反馈不应可有可无。近年来对机器人的研究多集中于振动/触觉/力反馈, 不少研究机构或组织对振动/触觉/力反馈作了大量有益的探索, 在这一领域提出了很多先进实用的技术, 如利用装在衣服悬饰物里的控制器向人直接提供快速的反馈^[8]。另一种操作机器人的接触传感(TouchSense)技术, 可让人通过该设备真切地体会到机器人的状态和感觉, 如: 机器人试图穿过门或其他通道时遇到“表面阻力”的感觉、成功后“穿越-放松”的感觉、走过大厅或其他情形时“稳步行进”的感觉。基于此技术的产品如 Immersion 公司开发的电子爪(CyberGrasp)、电子触摸器(CyberTouch)、电子手套(CyberGlove)等(图4), 这些产品的每一手指和手掌上都装有微型的振动触觉激励器, 通过脉冲或持续的振动分别驱动这些激励器, 可以获得真正的触摸感。它们与各种输入用的跟踪器如 3D-BIRD、FASTRAK、Flock of Birds 等相配合, 还可组成一种称为虚拟手(VirtualHand)的技术, 用在人机交互中同时实现输入和输出的功能。

总的来说, 振动/触觉/力反馈适用于: 1) 需要检测振动的场合; 2) 输出接触状态能提高性能的场合; 3) 利用其增强现实特性, 获得真正触摸的感觉, 加强操作的临场感和沉浸度, 提高操作成功率; 4) 带有振动的触觉/力反馈还提供了一种提示、报警的能力, 在人机交互中连续控制机器人期间或传递远程传感信息和机器人状态时, 可利用它作为一个“中断”而引起人



(a) 电子爪

(b) 电子触摸器

图4 穿戴振动/触觉/力反馈设备

的注意, 因而不需人高度集中于视觉输出^[9]。

但是, 目前触觉驱动器只使用了二维的力信息, 且振动/触觉/力觉装置体积大、笨重、操作不便。因此, 尚需研究将轮子的扭矩、三维定位或加速度变换成三维力, 如机器人正驶过不平的地形或小障碍、隆起等, 使人更好地感知现场; 同时还需研制能传达振动/力强度信息的便携装置。

3 人机交互输出接口与增强现实技术

为了能成功、有效地操作机器人, 输出接口必然需要某种程度的远程沉浸(teleimmersion)或远程存在(telepresence)^[4], 即让用户在操作机器人时感觉“自己就好像成了远程机器人”一样。虚拟现实技术(Virtual Reality, VR)^[10]就是“沉浸”最成功的应用, 它利用多媒体技术生成逼真的视觉、听觉、嗅觉、触觉等模拟真实世界的虚拟环境, 使操作者产生临场感。在人机交互中, VR可将机器人的操作者(人)置于远程机器人环境的信息包围中, 使人成为“虚拟的机器人”, 从而提高操作机器人的有效性和成功率。

然而, 输出接口不能仅以实现“沉浸式的VR”为目的, 这是因为: 1) VR“独占”了输出接口, 完全控制了用户的信息来源, 将人滞留于虚拟环境, 阻碍了用户对自身环境的感知, 使用户不能对自身所处的真实世界做出反应。2) VR需要传输大量信息, 占用较多带宽, 并耗费大量资源来生成虚拟的远程环境。为了克服上述问题, 在输出接口中应考虑采用增强现实技术。

增强现实(Augmented Reality, AR)利用通过其他方式获得的信息来提高人对实际环境的感知^[11]。当操作者通过HMD获得有关远程机器人的位置、高度、状态等图像或文字信息的同时, 还能看见本地环境, 这就是一种典型的AR。AR将过滤后的远程信息传递给操作者, 使传递的信息量大大减少, 对表现信息资源的要求也大大降低。输出接口采用具有AR作用的穿戴计算技术, 让人在持续不断地获得机器人和远程环境信息的同时体会真实世界, 使得操作更为有效。

4 结束语

人机交互采用基于穿戴计算、具有增强现实能力的输出设备,能很好地体现“以人为本”和“合作”的思想。目前,对人机交互尚需研究的一些重要问题包括:

1)改进现有穿戴输出设备,提高现有的穿戴输出接口的实时性、便携性、可穿戴性。

2)穿戴输出增强现实技术的实现。信息过滤首先涉及到信息理解,而与输入技术关系更为密切的信息理解相对复杂、困难,因此穿戴输出接口的增强现实实现还应多方面借鉴输入技术在信息理解上取得的进展。

3)同时采用视觉、听觉以及振动/触觉/力觉等作为互补或替换的输出通道已显示出极大的优越性,穿戴输出接口采用多输出通道是必然趋势,因此需要研究多输出通道信息的并行、同步、整合、融合、分流等软硬件技术,提高输出的信息带宽。

参考文献:

- [1] FONG T, THORPE C, BAUR C. Collaboration, dialogue and human-robot interaction [EB/OL]. http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_3804.html, 2001-11-05.
- [2] HOFFMAN R, HAYES P, FORD K. Human-centered computing: thinking in and out of the box [EB/OL]. <http://csdl.computer.org/comp/mags/ex/2001/05/x5toc.htm>, 2001-10-12.
- [3] MANN S. Smart Clothing: The wearable computer and wearcam

[EB/OL]. http://wearcam.org/personal_technologies/, 1997-03-16.

- [4] BALLOU P. Improving pilot dexterity with a telepresent ROV [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/icra2000/papers/ballou.pdf>, 2000-04-20.
- [5] CIUFO C. Modern military embraces augmented reality displays [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/icra2000/papers/ballou.pdf>, 2000-05-06.
- [6] GUPTA S. Incorporation of audio in virtualized reality [EB/OL]. http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_3451.html, 2000-09-15.
- [7] HOFFMAN H. Physically touching virtual objects using tactile augmentation enhances the realism of virtual environments [EB/OL]. <http://www.hitl.washington.edu/publications/r>, 1998-04-20.
- [8] GILBREATH G A. An advanced telereflexive tactical response robot [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/icra2000/papers/gilbreath.pdf>, 2000-04-26.
- [9] OKAMURA A M. Uniting haptic exploration and display [EB/OL]. <http://www.haptics.me.jhu.edu/publications/>, 2001-11-19.
- [10] NGUYEN L, BAULAT M. Virtual reality interfaces for visualization and control of remote vehicles [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/icra2000/papers/nguyen.pdf>, 2000-04-17.
- [11] STARNER T, MANN S. Wearable computing and augmented reality [EB/OL]. <http://web.media.mit.edu/~testarne/TR397/main-tr397.html>, 1995-11-23.

Status Quo of WearComp – based Output Interface

LI Gang^{1,2}, ZHANG Hong¹, LI Hong-mei¹, HUANG Xi-yue²

(1. Department of Computer Science, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China;

2. Automation College, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: It emphasizes human-centered and robot collaborating with human when robot is employed in dynamic, unstructured environments or those tasks which can not be fulfilled without human. To achieve constancy interaction, WearComp-based interface devices should be adopted. This paper analyzes and compares the status quo of multiple output modalities, interfaces and devices including display, sound, vibration, tactile and force, and sums up the character and limitation of multiple WearComp-based output technologies and devices and the methods to avoid it. To prevent VR from shielding local environment and monopolizing the bandwidth of transmission and the resources of WearComp-based output devices, AR should be introduced to enhance human awareness of local environment with filtrated information of tele-environmental and tele-robot.

Key words: human-robot interaction; output interface; WearComp; augment reality