

文章编号:1000-582X(2003)05-0059-05

# 以人为中心的机器人系统的人机交互技术\*

李刚<sup>1,2</sup>, 黄席樾<sup>2</sup>, 袁荣棣<sup>2</sup>, 黄同愿<sup>2</sup>

(1. 重庆工学院 计算机系, 重庆 4000504; 2. 重庆大学 自动化学院, 重庆 40004)

**摘要:**以人为中心的机器人系统(HCR)强调以人为本、人机合作的思想,主要用于动态、非结构化的环境和必需有人机共同完成的任务。笔者提出了基于穿戴计算的人机接口,使HCR的人机交互不受时间、空间的限制。通过增强现实,机器人的状态、报警等重要信息成为输出通道传输的重点,有效地减少了对信息传输带宽和再现信息的资源占用,减轻操作者的负担,进而提高HCR操作者对本地状态的意识和对远程环境的感知。通过并行、互补的多通道及整合、融合多个输入信息的方法,消除信息的多义性和噪声,从根本上克服当前人机交互的输入瓶颈,实现更加高效、人性化的HCR人机交互。

**关键词:**机器人; 人机交互; 穿戴计算; 增强现实; 多通道

**中图分类号:**TP242.6

**文献标识码:**A

智能机器人除具有视觉、听觉、触觉等低层次仿人智能外,还具备一定的逻辑思维能力,能够感知环境、识别对象、理解命令、进行推理、判断等,满足众多场合的需要,其应用前景非常广阔。但目前,智能机器人的研究与应用,仍然面临诸多难题,如:

①当环境中存在大量不确定因素(如动态的、非结构化的环境),仅仅依靠现有的传感技术和机器感知尚无法完全正确识别环境,如机器人进行水下作业时;

②目前机器人的智能和决策能力还很有限,为完成某些特殊任务,机器人必须在人的参与下才能共同完成,否则系统将过于复杂、代价高昂,可靠性、可维护性和实用性差,如军用机器人;

③很多场合需要机器人服从人的“指挥”或主动地辅助人,增强人或扩充人的智能、感知和体能,如机器人助残。针对智能机器人所面临的上述种种困难,有学者提出了“以人为中心的机器人系统(Human-Centered Robotics, HCR)”<sup>[1-4]</sup>。尽管国际上对HCR还没有一个明确的定义或清晰的描述,对其本质特征的认识也不尽统一,但从对HCR的研究现状来看,主要集中于两点:1)强调“以人为本(Human-Centered)”的思想,即人是命令和需求的主体,机器人应能够感知环境和人的需求,进而主动地为人服务,充当人的智能助手或代理;2)机器人和人是一种“合作(Collaborative)”关系,强调人的智能应参与到机器的控制中去,

当机器的智能和感知能力不足时,应利用人的智能和感知能力,使二者相结合,相互补充,充分发挥混合智能的优势,从而完成仅仅依靠传统智能机器人难以实现的任务,降低特殊任务机器人的构成复杂度。

HCR不是对智能机器人的简单否定,而是智能机器人发展到一定时代的产物,是机器人的重要发展方向之一。它将主要用于上述动态、非结构化的环境和必需有人机协同完成的任务。这些领域正逐步成为机器人应用的热点,发展势头迅猛。

HCR的应用前景,很大程度上取决于能否研究、开发出适用于HCR的实用、可靠、易于商品化的人机交互设备。笔者将基于HCR的应用对人机交互的特殊要求,讨论适合于HCR的人机交互技术及其发展趋势。

## 1 HCR 人机接口与穿戴计算技术

HCR人机接口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(Operational Control Unit, OCU)”,是专门扮演远程操作的“控制台(Console)”。通过比较和研究发现,“穿戴计算(Wearable Computing, 简称为WearComp)”与HCR人机接口,具有很多共同之处,如HCR人机接口采用穿戴计算技术,可以满足HCR的多方面要求。

\* 收稿日期:2002-12-11

作者简介:李刚(1968-),男,四川泸州人,硕士研究生。主要研究方向:计算机控制技术。

首先,在 HCR 中,“以人为中心”和“合作”的思想,要求由特殊的输入设备来随时获取人的控制意图,同时要求由特殊的输出设备来随时把机器人的各种信息传达给人。而“持续性(Constasy)”是穿戴计算的优良特性之一,正如“可穿戴计算机(Wearable Computer,也简称为 WearComp)”的发明人 Mann 所述<sup>[5]</sup>:“可穿戴计算机是这样一种计算机,它属于用户的个人空间,被穿戴者所控制,同时具有操作和交互的持续一致性,即总是处在工作、待用和可存取状态。”可穿戴计算机具有 3 个操作模式,即:持续(constancy)、增强(augmentation)、介入(mediation)<sup>[5-7]</sup>,其持续性是指:在时间上,计算机持续运行,并且处于“总是准备好”与穿戴者交互的状态。与普通计算设备、手持设备、膝上型计算机或 PDA 等不同,在使用之前可穿戴计算机不需要展开或打开,信息流连续不断地从人到可穿戴计算机、从可穿戴计算机到人流,提供了持续的用户接口。

其次,HCR 的人机交互不但不受时间限制(即人和机器人能“随时”交互),而且也不受空间限制(即交互能“随地”进行),因此要求 HCR 人机交互设备在体积、重量、便携性、移动使用等方面与通常的人机交互设备应有很大的差别。由于穿戴计算的可穿戴特性,使基于穿戴计算的人机交互设备必然具有体积小、重量轻、便携性好等优点,能够移动使用,在空间上也“不限制用户”,让人具有较大的活动空间。

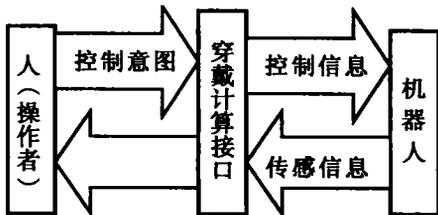


图1 基于可穿戴计算的HCR的基本结构

由此可见,将现有成熟的基于穿戴计算的人机接口设备作为 HCR 系统的人和机器人之间的信息传递媒介(图1)。一方面,穿戴输入设备可不受时空约束地将人的控制意图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,穿戴输出设备也可不受时空约束地将远程机器人的信息以图像、声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,最大限度地发挥其智能。这样,不论是从时间上还是从空间上来说,都能很好地满足 HCR 对人机交互的要求。

## 2 HCR 人机交互输出与增强现实

为了能成功和有效地操作机器人,HCR 的人机交

互输出还必然会有某种程度的远程沉浸(teleimmersion)或远程存在(teleexistence)<sup>[8]</sup>,即让用户在操作机器人时“感觉”自身已成为远程机器人。沉浸(immersion)最成功的实现和应用就是虚拟现实技术(Virtual Reality,VR)<sup>[9-14]</sup>,VR 是使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——身临其境的感觉,所以也称为临境技术。由于穿戴计算在其很多应用中也具有与沉浸有关的性能,所以在 HCR 中如利用穿戴计算实现 VR,可将 HCR 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,HCR 的人机交互输出接口不能仅以实现“沉浸式的 VR”为目的。首先,由于 VR“独占(Monopolize)”了输出接口,完全控制了用户的信息来源,如用于 HCR,它将通过传递大量的机器人信息和远程环境信息生成逼真的虚拟远程环境,将人滞留于该虚拟环境,阻断了用户获得其所处的真实世界的信息,使用户不能对真实世界做出反应,破坏了人处理其他“与机器人无关”的活动的的能力,违背了“以人为中心”的初衷。尽管这一不利方面可通过传送真实环境的信息到虚拟环境来克服,但是持续的信息重载(Overload),操作者很快就会迷失,所以在 HCR 中不宜采用虚拟现实的输出反馈方式。其次,基于多媒体的 VR 需要占用较大的信息传输带宽,并耗费大量资源来生成虚拟的远程环境,而穿戴计算设备本身是一个资源非常受限的平台,因此,输出接口也难以用穿戴计算实现虚拟现实。良好的输出接口应该是既能让操作者很好地感知远程环境,又不致削弱操作者对本地的状态意识。针对虚拟现实所存在的问题,应考察穿戴计算的除开可持续操作以外的其余两个操作模式:增强和介入。

增强(即增强现实,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<sup>[6-7,15]</sup>。例如,视觉反馈就是最典型的 AR 方式,它利用所获得的图像信息来提高人对实际环境的感知。HCR 操作者通过头戴显示器(Head Mounted Display, HMD)可获得有关机器人的位置、高度、状态等的图像或文字信息,同时仍然允许操作者能看见本地环境。任何携带无线声音通讯设备的士兵本质上也经历着一种基本的声音 AR 形式,因为他利用了其他军事人员的有用信息来增强了他对本地环境的视觉感知。同样,他通常也通过通讯返回信息,“增强”了其他人的“现实”。

介入(即介入现实,Mediated Reality,MR)进一步对所感知的信息过滤,阻止了无关信息的传递,把人的

注意力集中在那些需要的信息上。在 HCR 中,基于 MR 的输出接口将集中于提供下列重要信息:处于操作者控制之下的机器人的状态;为机器人设备提供保护支持的警告或相关信息;操作者自己对本地形势,特别是对本地危险等的感知信息。

由于 AR 和 MR 传递的信息量会大大减少,表现信息所需的资源也会大大减少,同时减轻了操作者的负担,使操作更加有效,因此,AR 和 MR 优于纯粹的 VR,也优于纯粹的现实。

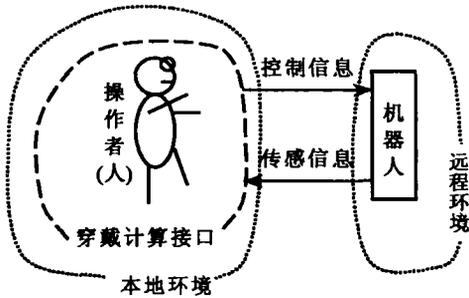


图2 具有增强、介入作用的 HCR 人机接口

HCR 主要设计用于“动态、非结构化的环境和必需有人机共同完成任务”,注重“以人为中心”和“合作”的思想,要求不能因采用了某种接口反而阻碍了人对自身环境的感知和人的智能的发挥。因此,输出接口采用具有增强、介入作用的穿戴计算技术是很好的选择,基于穿戴计算的输出接口能很好地发挥增强现实和介入现实作用,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,提高了操作者的本地状态意识,避免了破坏操作者处理其他“与机器人无关”的活动的的能力(图2)。

### 3 HCR 人机交互与多通道技术

HCR 人机接口研究的另一个重要内容,就是研究能进行直观、自然、隐含、双向、模糊、直接操纵的输入输出设备。由于信息的表达具有“显现性”<sup>[12]</sup>,不少基于穿戴计算的输出接口设备如头戴显示器、头戴式耳机在很大程度上已能满足 HCR 的信息输出要求,表达触觉/振动/力觉信息的穿戴式输出装置的研究也取得了不小的进展<sup>[16-18]</sup>。相反,由于信息的理解具有“隐蔽性”<sup>[12]</sup>,需要更高程度“智能”的参与,虽然目前人机交互的输入方式有多种,输入设备也五花八门,适合 HCR 的输入方式也不少,但总的来说多数输入方式与设备仍然存在很多问题,如采用键盘输入不自然、方式单一、带宽低、需精确的输入,采用手势或视线跟踪输入获得的信息噪声大、有效信息量少而且存在多义性、效率低下,而且各种异质的输入方式的信息表达、信息获取方式差别大。因此,与输出技术相比,输入已

成为 HCR 人机交互的瓶颈。针对这种情况,应注重的不只是某种接口因采用了某种技术而具有了某种特殊的能力,更关注的是能否有效利用这种能力、发挥其长处,近年来迅速发展起来的多通道(MultiModal)<sup>[12-14]</sup>技术为解决这一问题提供了可能。

通道(Modality)是指人或系统可用来实现其对话目标的交互手段、方法、器官或设备,人与外界的交互通道可分为感觉通道和效应通道。其中感知通道(Perceptive Modality)包括人的眼、耳、皮肤等各种感觉器官,可接受光、声、力等形式的信息输出而形成视觉、听觉、触觉等感觉;效应通道(Effective Modality)包括人的手、足、口、头、身体等运动器官,可用于手势、控制、语言表达形式的信息输入<sup>[12]</sup>。

在通讯活动中人总是并行地、互补地同时利用多种感觉和效应通道即多通道进行多种类型的通讯任务,因此具有较高的通讯效率。同样,HCR 人机接口作为人与机器人之间信息传递的媒介和操作机器人的控制台(OCU),要能将机器人自身的状态、执行命令的情况、求助信号等信息都准确、及时地传递给人,也要能完整、快速、高效地将人的意图表达给机器人,显然,单一的输入通道或输出通道很难满足这样的要求。因此,典型的 HCR 人机接口应如图3所示,一方面,利用多种穿戴输入设备同时接受操作者多个效应通道的输入,如:利用方位跟踪器跟踪操作者的手势、姿势,利用声音识别装置识别操作者的语音命令,利于视线跟踪设备检测人的注意力状态;另一方面,利用多种穿戴输出设备同时向操作者提供视觉、听觉、力觉等信号,如:利用 HMD 向用户提供机器人的位置等状态信息,利用头戴式耳机向用户提供机器人的报警信息,利用触觉设备向用户提供机器人触摸某物体的感觉信息。这样,可以充分利用多种基于穿戴计算的接口,和人进行并行的多通道交互和协作,发挥人和机器人、穿戴计算设备的优势。

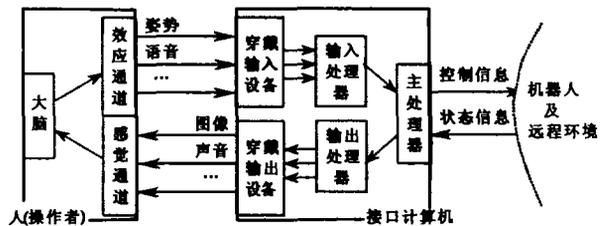


图3 HCR 基本穿戴计算的多通道人机接口

采用多通道并行输入输出可通过信息冗余来消除信息的多义性及噪声,进而使人机交互自然、高效<sup>[12-14]</sup>。事实上,由于信息表达的“显现性”,而且兼顾视觉、听觉等多通道输出的多媒体技术已较为实用,在 HCR 中采用多通道输出已经不存在技术上的困难。

而信息理解的“隐蔽性”和现有的输入方式和技术所存在的缺点,迫切要求 HCR 人机交互利用多通道技术进行并行、互补的输入,将多个输入通道的输入信息整合(integration)、融合(fusion)、分流(fission),以处理跨通道的、异质的、并行的和非精确的输入,从而扩大操作者输入信息的带宽、提高输入的效率、增进人机交互的自然性,从根本上克服当前人机交互的输入瓶颈。

#### 4 结论

综上所述,基于穿戴计算和多通道交互的 HCR 人机接口能在以下方面获得较好的性能:

1) 非限制性: HCR 采用基于穿戴计算的人机交互能不受时间和空间的约束,提供持续的信息交互,真正实现人机“合作”完成任务的思想和“以人中心”的思想;

2) 增强现实: HCR 采用具有增强现实功能的穿戴式输出接口,既减轻了对系统资源的占用,又减轻了操作负担,既让人能集中于机器人的操作,又不丧失对本地状态的意识;

3) 信息冗余: HCR 采用并行、互补的多通道进行人机交互能获得冗余信息,通过信息整合,可消除信息的多义性及噪声,极大地提高了人机交互的带宽,使人机交互更自然、更高效。

随着 HCR 研究和其他技术研究的深入,必将使 HCR 人机交互领域的研究不断有新的发展和突破。

#### 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](http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_3804.html), 2001 - 11.
- [2] CAMBRON M, PETERS II R, WILKES D, et al. Human - Centered Robot Design and the Problem of Grasping [EB/OL]. <http://citeseer.nj.nec.com/peters01isac.html>, 1998 - 04.
- [3] ALAMI R, BELOUSOV I, FLEURY S, et al. Diligent: Towards a Human - friendly Navigation System [EB/OL]. <http://www.laas.fr/~felix/presentations/iros2000-pres.pdf>, 2000 - 04.
- [4] HOFFMAN R, HAYES P, FORD K. Human - Centered Computing: Thinking In and Out of the Box [EB/OL]. <http://www.computer.org/intelligent/ex2001/pdf/x5076.pdf>, 2001 - 10.
- [5] MANN S. Smart Clothing: The Wearable Computer and WearCam [EB/OL]. <http://wearcam.org/personaltechnologies/>, 1997 - 03.
- [6] KYONG - SOK CHANG, HOLMBERG R, KHATIB O. The Augmented Object Model: Cooperative Manipulation and Parallel Mechanism Dynamics [EB/OL]. <http://robotics.stanford.edu/groups/manips/publications/files/icra00a.pdf>, 2000 - 04.
- [7] STARNER T, MANN S. Wearable Computing and Augmented Reality [EB/OL]. <http://citeseer.nj.nec.com/starner96wearable.html>, 1995 - 11.
- [8] BALLOU P. Improving Pilot Dexterity with a Telepresent ROV [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/icra2000/papers/ballou.pdf>, 2000 - 11.
- [9] GUPTA S, VEDULA S, KANADE T. Incorporation of Audio in Virtualized Reality [EB/OL]. [http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub\\_3451.html](http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_3451.html), 2000 - 09.
- [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.
- [11] LANE J, CARIGNAN C, AKIN D. Advanced Operator Interface Design for Complex Space Telerobots [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/icra2000/papers/lane.pdf>, 2000 - 04.
- [12] 方志刚,王坚. 人机交互技术新趋势:多媒体与多通道[J]. 62 人类工效学,1998,4(2):34 - 38.
- [13] 董士海,陈敏,罗军,等. 多通道用户界面的模型、方法及实例[J]. 北京大学学报(自然科学版),1998,34(2-3):231 - 238.
- [14] 陈建伟,蔡启明. 人机界面设计最新进展[J]. 人类工效学,2000,6(1):40 - 42.
- [15] CIUFO, CHRIS. Modern Military Embraces Augmented Reality Displays [EB/OL]. [http://www.kah-bonn.de/ausstellungen/klasaik/pr\\_map\\_e.pdf](http://www.kah-bonn.de/ausstellungen/klasaik/pr_map_e.pdf), 2000 - 06.
- [16] FONG T, CONTI F, GRANGE S, et al. Novel Interfaces for Remote Driving: Gesture, Haptic, and PDA [EB/OL]. <http://vrai-group.epfl.ch/papers/SPIE00-TF.pdf>, 2000 - 11.
- [17] SURYA P, SCOTT M. ARMS: Autonomous Robots For Military Systems, A Survey of Collaborative Robotics Core Technologies and Their Military Applications [EB/OL]. [http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub\\_3884.html](http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_3884.html), CMU - RI - TR - 01 - 16, 2001 - 07.
- [18] ONG T, CABROL N, THORPE C, et al. A Personal User Interface for Collaborative Human - Robot Exploration [EB/OL]. [http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub\\_3738.html](http://www.ri.cmu.edu/pubs/pub_3738.html), 2001 - 07.

## Status Quo and Expectation of Human – machine Interaction in HCR

LI Gang<sup>1,2</sup>, HUANG Xi-yue<sup>2</sup>, YUAN Rong-d<sup>2</sup>, HUANG Tong-yuan<sup>2</sup>

(1. Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China;

2. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** Human – centered idea and human – machine collaboration are emphasized in the Human Centered Robotics, which is mainly used for human – machine cooperation required mission in dynamic and non – structural environment. This paper presents a WearComp-based interface that gets over the space and time limitation on human – robot interaction. By adapting AR (augment reality) in outputting channel, the information of robotics status and warning was accentuated in the transmission. That method effectively saves the resources of transmission band and reappearance, lightens the burden of operators and contributes to a good operator consciousness to local condition and remote environment. By parallel and mutual compensation of MultiModality interaction, and by integrating and fusing the redundant information, the ambiguity and noise of inputting information can be eliminated. All of above get rid of input bottleneck; a more efficient and humanistic human-machine interaction is provided.

**Key words:** robot; human-robot interaction; wearcomp; multimodality; augment reality

(责任编辑:吕赛英)

~~~~~  
(上接第54页)

## Phase Behavior of W/O Microemulsion

HE Cong-lin, WANG Bo-chu

(1. Bio – information College, Chongqing University of Post and Telecom, Chongqing, 400065, China;

2. College of Bioengineering, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

**Abstract:** The phase behavior of W/O microemulsion employed blend NPE4.2 and NPE10 as surfactants was studied. The influence of blend surfactant proportion, surfactant dose co – surfactant dose, various cations and temperature on W/O microemulsion phase behavior was examined by way of electric conductivity with the maximum dissolve water (solution) being the target. Experiments indicated that as the  $NPE_{4.2} : NPE_{10}$  is about 1.2 : 1 and (S + A) : O is about 3 : 7, the maximum dissolve water was acquired. When the water was substituted by other cations solution or the temperature was increased, the effect to the microemulsion was resemble to the water. But the domain of W/O microemulsion is decreased.

**Key words:** microemulsion; phase behavior; NPE<sub>x</sub>

(责任编辑 陈移峰)