

普适计算模式下的人机交互

徐光祐 陶霖密 史元春 张 翔

(清华信息科学与技术国家实验室普适计算研究部 北京 100084)

(清华大学计算机科学与技术系 北京 100084)

摘 要 普适计算使得信息空间与人们生活的物理空间相融合,与此相应人机接口也将随之扩展到人们生活工作的整个三维物理空间.因此需要研究物理空间中的人机交互方式.在传统的计算模式下,交互环境的物理因素不影响人机交互.而在普适计算的模式下,用户和环境的物理因素将成为交互的重要因素,这将使人机交互的性质产生一系列的变化,其中包括:人机交互本质上是与信息空间的交互;交互接口扩展到日常生活的用品和环境;动态的人机交互上下文;蕴含人机交互.

关键词 普适计算;人机交互;物理空间;信息空间;觉察上下文;隐式人机交互

中图法分类号 TP391

Human Computer Interaction for Ubiquitous/Pervasive Computing Mode

XU Guang-You TAO Lin-Mi SHI Yuan-Chun ZHANG Xiang

(Pervasive Computing Division, Tsinghua National Laboratory for Information Science & Technology, Beijing 100084)

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Ubiquitous/Pervasive Computing aims to integrate cyberspace into physical space where people reside. In terms of human computer interaction (HCI), this means to extend the interface of HCI from in the front of computer into whole three dimensional spaces, namely the HCI in Physical Space. Contrasting to the conventional compute mode, where physical factors are not involved in the HCI, under Ubiquitous/Pervasive Computing mode the physical factors about users and environment become the important factors in the interaction. As the results, HCI in physical space will possesses following rational characteristics: ① the HCI is essentially the interaction with cyberspace, but a single computer; ② The interfaces of HCI will not rely on the conventional devices such key boards, mouse and monitors, instead they will integrate or become part of artifacts, furniture, even rooms and buildings; ③ HCI in dynamic context; ④ Implicit HCI supported by context aware computing will be the essential part of the HCI for Ubiquitous/Pervasive Computing mode.

Keywords Ubiquitous/Pervasive computing; human computer interaction; physical space; cyberspace; context aware; implicit HCI

1 普适计算模式需要实现的物理空间中的人机交互方式

嵌入式计算和无线通信技术的迅速发展,促进

了计算、通信和传感技术的融合.这使人们生活的三维物理空间中前所未有地充满了数据和信息,人们也进一步希望能在生活和工作环境中随时、随地、无所不在地得到信息和计算服务,显然传统的桌面计算模式已不能适应这样的发展.为此 Mark Weise

提出了普适计算(ubiquitous computing)的概念^[1]. 普适计算的研究目标是要把计算交织(interweave)到物理空间中,也就是把信息空间(cyberspace)与人们生活的物理空间相集成和融合.他认为新一代计算机应该具有以下特征:它是许多高度分散和互联的,通常是融入自然环境中的,不可见(invisible)的和不需要人们有意识操作或注意力的计算机.这样的计算机才能向人们提供无所不在的计算和信息服务.从人机交互的角度来看,这就意味着需要把人机接口从仅限于计算机面前扩展到整个三维物理空间.有人认为从人机交互(CHI)的角度,普适计算就是试图通过把计算接口扩展到用户生活环境里去以打破用户与计算服务之间传统模式的努力^①.当计算机接口与我们的生活环境融合在一起,并且事实上成为不可见时,我们需要研究全新的人机交互概念.我们把这种新型的人机交互称为“三维物理空间中的人机交互”(在以下的讨论中,当不会引起误解时,可简称为“物理空间中的人机交互”).

在传统的桌面计算模式下,虽然人机交互也发生在物理空间中.但这时物理的因素,例如用户的位置以及与计算机之间的距离等,只要用户能操作键盘和鼠标这样的输入/输出设备,就不是影响人机交互的因素.而在普适计算的模式下,计算机接口将与用户的生活环境相融合.这时用户和环境的物理因素将成为交互中的重要因素.例如,系统应该允许用户使用离他最近的接口,并以最适合于他面临的任务的方式进行信息交互.这时用户在三维空间中的位置及其周围环境就成为人机交互中的重要因素.与此同时,由于用户在生活和工作中需要在物理空间中自由地移动,这意味着人机交互是在动态环境中进行的.正是由于这些特点,使得物理空间中的人机交互具有一系列的特点.我们将在第3节中对此做详细讨论.

如上所述,普适计算是全新的计算模式,需要有与之相适应,革新的人机交互理论和技术,这就是物理空间中的人机交互理论和技术.在对它进行深入研究以前,首先需要对普适计算的概念做简要的清理.

众所周知,为了克服桌面计算模式的局限性,除了Weiser提出的Ubiquitous computing(简称为UbiComp)以外,研究者还提出了Pervasive computing(简称为Percomp).从文字上看Ubiquitous computing与Pervasive computing这两个术语只有微小的差别:Ubiquitous的意思是无所不在,Perva-

sive的意思是深透到各处.从技术内容看,有的学者认为二者是不同的:有研究者认为“Percomp的目的是要使计算无所不在^②,为此它要实现的是:几乎所有设备,从衣服到工具、信息设备、汽车、家居、人体、咖啡杯都可以嵌入芯片以便把设备连接到无限的设备网络. Percomp把现在的网络技术与无线计算、语音识别、互联网能力以及人工智能组合起来,其目标是建立一个环境,在此环境中设备的连接方式是非打扰的(unobtrusive)和始终可用的.”因此,Percomp强调的是把计算机嵌入到各种设备或工具中去并且把它们相互连接成可用的环境. UbiComp的目的与此相同,也是使计算无所不在.但如文献[1]中及其他一些人^③所强调的,它的实现途径是“使得通过物理环境就可使用计算机,但又使得这些计算机对用户是不可见的”.“新一代的计算环境中,用户可连续地与附近的成百台无线联网的计算机交互.实现这样的交互的最有效的技术是对用户透明的,也就是不可见的技术”.这里所说的“不可见”并不是物理上的可见性,而是从人机交互的角度来看,也就是要能实现“隐式的人机交互”(implicit interaction).我们将在下面第3节中介绍它的科学定义和实现方法.对UbiComp与Percomp是否是相同的计算模式,学术界众说纷纭^{[2]④}.我们认为UbiComp与Percomp的目标是相同的,都是要使计算无所不在.但在无所不在的程度上是存在差异的.我们不妨把Percomp看作是UbiComp的低级阶段或必要条件.它研究通过嵌入式技术与无线通信技术的融合把计算机嵌入到各种设备或工具中并形成分布式计算环境,使得用户能方便地得到信息服务.但经过深入的分析发现如果要真正地实现无所不在的计算,仅仅使计算和通信设备就在人们伸手可及的地方还是不够的.如文献[1]中指出的:要使计算机成为好用的工具,就必须使计算机接口与我们的环境融合在一起,成为事实上不可见的.从人机交互的角度来说就是要从传统的桌面计算模式下的“显式交互”(explicit interaction)转变为“隐式交互”.这在本质上是使计算机能提供“觉察上下文”(context aware)的服务.这也是物理空间中人机交互的一个重要的特征.在以下段落中我们将具体阐述.

① <http://sigchi.org/chi97/proceedings/workshop/gda.htm>

② http://isp.webopedia.com/TERM/P/pervasive_computing.htm

③ <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/UbiCompHotTopics.html>

④ www.computerworld.com/news/2000/story/0,11280,41901,00.html

我们认为,造成 Ubicomp 和 Percomp 定义上混乱的根源是由于目前使用日常生活的语言来定义科学问题,其中包括对“计算无所不在”和“信息空间与物理环境的融合”中涉及的“无所不在”和“融合”的本质是什么,对它们度量的方法和指标是什么缺乏科学、严格的说明.为此,我们提出了“物理-信息对偶空间”理论^[3].从对偶空间中对偶层次的角度可对以上问题给出科学的定义,从而避免上述混乱.由于篇幅问题,我们不在这里详细介绍.

2 物理空间中人机交互的性质

当人机交互从计算机面前扩展到三维物理空间中,不仅是接口位置的变化,而且人机交互的性质也产生了一系列的变化,其中包括以下几方面.

(1) 人机交互事实上是与信息空间(Cyberspace)的交互.

在普适计算的环境下,用户不再是与单个计算机交互,而是与若干分布相互连接,与具有计算能力的设备交互.这些计算机的种类可从 PDA 这样的移动计算设备到与日常的环境集成的分布式计算系统.而且这些计算设备通常是与互联网相连接的.同时由于在普适计算环境中用户难以通过键盘、鼠标这样的输入设备与指定嵌入式计算机直接交互,他甚至不知道应该与哪台计算机进行交互,而只能与整个系统交互,因此,这时的用户事实上是与信息空间(cyberspace)在进行交互^①.

(2) 人机交互的接口扩展到整个物理空间,物理的因素也参与和影响人机交互.

人机交互的接口已从传统的键盘、鼠标、显示器这些固定的设备,扩展到人们生活和工作环境中的用品、家具、甚至房间和建筑物,使得计算机接口将与用户的生活环境相融合.因此用户和环境的物理因素,例如位置和距离将成为人机交互上下文的一部分,从而成为影响人机交互的重要因素.此外,这还将允许用户使用离他最近的接口和以最适合于他面临任务的方式进行信息交互.例如用户就可依据他的位置来确定使用什么样的显示设备,如在书房是很可能使用书桌上计算机的显示器,而在客厅就很可能是使用厅中的电视机作为显示设备.此外这些作为人机交互接口的日常用品除了它们原来的功能和性质外,还可能兼有信息空间中对对象才有的性质.例如,对象之间的超链(hyperlink)^[4]关系.

(3) 动态的人机交互上下文(dynamic context).

在桌面计算的情况下,人们生活和工作环境的物理因素,例如,用户位置的变化,甚至从一张桌子搬动到另一个桌子都不会影响人机交互的性质.因此,计算机的上下文相对于与环境相关的物理因素来说是固定的,是不受其影响的.在普适计算模式下人机交互的上下文是动态的.这是因为:①用户的工作环境是现场,环境情况的物理条件不但复杂而且是动态变化的;②用户可能在物理空间中自由移动并随时需要进行人机交互,而且系统应该能提供最适合于当时情况的服务.例如与最近的信息设备进行交互;③用户本身的状态也是上下文的重要组成部分.普适计算模式下物理上的接口不是个人专有的,而可能由多人共享;

(4) 觉察上下文计算(context aware computing)支持下的隐式人机交互.

在桌面计算的模式下,计算机的操作需要由用户直接输入命令.例如,如果要打印文件,就要输入打印指令.不然计算机不会自行动作.我们把这种交互模式称为“显式交互”.在普适计算模式下,用户难以依靠键盘、鼠标这样的输入设备,同时可能也不知道应该命令哪一台计算机来完成这样的任务.因此,需要被称为“隐式人机交互”或简称“隐式交互”的全新人机交互方式.隐式交互中用户本身并不直接与计算机交互,而是计算系统利用上下文(context)知识对用户的操作进行解释和理解并把它作为对计算系统的附加输入,从而完成人机交互.同时这样的计算模式被称为是觉察上下文的计算^[5],因此,隐式人机交互需要有觉察上下文计算的支持.文献[6]认为觉察上下文计算概念的引入将需要对现有的人机交互理论做全面的重新考虑.从这里还可看到,正是通过这样的机制实现了 Weiser 所希望的不可见计算.

3 物理空间中人机交互的研究内容

我们首先需要明确一下这里讨论的研究内容涉及的范围:

(1) 以人机交互中与信息技术领域相关的内容为主.

设计和开发能支持人们各种活动的计算系统,即以研究人为中心的计算是人们长期以来的梦想^[7].把人机交互从计算机的面前扩展到人们生活

① <http://isp.webopedia.com/TERM/C/cyberspace.html>

和工作的整个物理空间,使得计算机成为人们生活中的一部分是实现这个梦想的重要环节,它也将对人们的生活和习惯产生重要的影响.因此,物理空间中的人机交互是一个跨学科的研究领域,其中除了计算和通信这样的技术领域以外还涉及心理学、人机工程学、社会学等广泛领域.但在这里我们只讨论与信息技术领域相关的问题.

(2)多模态人机接口是物理空间人机交互的重要支撑技术,并因普适计算技术得到增强和革新.

多模态人机接口适应人们自然的交互习惯,当然也完全适用于物理空间中的人机交互.但目前的研究存在以下两方面的缺点:①主要研究与语音、文字、图像的输入/输出这样的接口层次相关的问题,并没有在系统的层次参与人机交互过程;②在适应现场应用的动态环境和克服各种干扰和噪声的影响方面还有很多难题有待解决.因此远未能实现普遍的实用.目前集成了嵌入式计算、无线通信以及传感器技术的各种高性能信息设备(information appliances)实现了低价、小型化.它们可被广泛地应用于普适计算模式下人机交互,用来检测和帮助克服环境因素的影响,并且可简化人机交互问题.例如,在很多应用中把原来的识别问题转化为定位的问题,从而极大地提高可靠性.这将使多模态人机交互技术能在更为广泛的领域发挥更多样的作用,同时也有可能使它不再局限于接口层次上的文字和语音的输入/输出,而是参与整个交互过程.在以下对多模态接口技术的介绍中,我们将注重于普适计算模式下的新发展,而对传统的接口层次上的技术,例如语音、文字识别等作省略.

(3)物理空间中人机交互的两个层次:基于物理空间接口的人机交互和基于觉察上下文计算的人机交互.

要使计算技术能真正融入人们的生活,除了把人机交互接口扩展到整个物理空间,使用户在物理上对计算设备能伸手可及以外,更为重要的是使计算系统能参与人们的各种活动,也就是使人与计算机协作共同完成任务.人们在日常生活和工作中是通过语音、图像等多模态的方式进行交互,他们在物理空间中的各种操作或活动从信息空间的角度来看都可表示为多模态数据的“时间-空间流”(Spatial-temporal stream),计算系统需要能理解这样时空流中的语义,才有可能参与到用户的各操作和活动,特别是人际交互(human-human interaction)中去,从而为用户提供随时、随地的服务,并且要以不打扰

用户的方式提供.这就是要实现不可见计算.为此需要研究基于觉察上下文的人机交互,也就是隐式交互.我们将就以上两个层次在第3.1节和第3.2节中分别介绍.

3.1 基于物理空间接口的人机交互

在人机接口的层次上,物理空间中的人机交互首先要研究如何把人机交互的接口扩展到人们的生活环境中去,这就是基于物理空间接口的人机交互技术.利用环境中的物体与信息空间进行交互,需要解决以下两个问题:(1)能在物理空间中通过对物体的操作向信息空间中的相应对象发出信息访问命令;这本质上是在物理空间中现实物体与信息空间中的相应对象之间建立了联系,也就是对应关系;(2)把访问得到的信息显示在实现的日常用品表面上.这个问题的一种解决方法是利用投影仪,把包括房间的墙面这样的各种表面转换为计算系统的显示表面;例如文献[8]中的 Everywhere Display projector,它可由用户来控制信息投射的表面.另一种方法是利用如 PDA(个人数字助理)和手机这样的便携式设备(其中包括可穿戴计算机).一种同时解决上述(1)和(2)两个问题的方法是为二进制的数字信息(比特)提供一个物理的形式,这就是所谓的可触摸接口(tangible interface).以下我们在第3.1.1节和第3.1.2节中首先介绍与(1)相关的内容,因为它是建立交互的基础.然后在第3.1.3节中介绍在物理与信息空间对象之间建立了对应以后的新特性.接着介绍可触摸接口.至于可穿戴计算机,从人机交互的角度我们把它作为一种便携设备考虑,不作单独的介绍.

3.1.1 物体和物体表面作为交互接口

物理空间中现实物体与信息空间中的相应信息对象之间的对应可有不同的层次,可在物体的层次或是组成物体的部件层次之间.为了建立物体级别的对应,人们已使用基于各种传感技术的标签.例如,贴在超市商品上的条形码识别,RFID(射频身份识别标签),基于红外的和超声波的标签等.但利用标签在物体层次上的对应还不能满足更为复杂的应用.进一步的发展是把物体的表面以至表面上的局部区域或对象作为接口. VisualScreen 系统^[9]利用廉价的摄像机和投影仪,通过视觉处理和定位技术把普通的屏幕(包括墙面)转化为可用手指进行交互的触摸屏. VisualPanel 又进一步把 VisualScreen 技术推广到移动设备中去,这时使用外形是四方形的普通铅笔和一个尖形的指针就可在移动设备面板的

当前位置与显示之间建立对应,从而完成远程控制大屏幕和模仿键盘的操作. 与此相似的技术和系统还有 DigitalDesk^[10]. 当把桌面这样的表面作为交互的接口时,利用手指作为交互时指针就是很自然和方便. 为此基于视觉的手指检测与跟踪成为研究的热点^[11-13]. 当然其他使用户能方便地建立物理对象与信息对象之间对应的技术,如笔输入和语音输入或它们的结合都受到高度的重视.

增强现实(Augment Reality)^[14-15]是另一个说明如何把现实物体作为信息访问接口的例子. 其中的关键技术是利用传感器信息在物体与用户的头盔之间保持动态的对准. 这在本质上也是为了使物体与信息空间中的对象保持对应.

3.1.2 纸质文档作为交互接口

在各种可用于人机交互接口的日常用品表面中,纸张具有特殊的地位. 因为纸质文档不但可表示丰富的内容,而且便于保存和翻阅很符合人们的习惯. 它是最为方便的信息存储方式. 但为了要利用纸质文档作为进一步信息查询的接口,就需要在对象之间建立对应(例如,查询与纸质地图上各个城市相关的多媒体信息,就需要在地图的城市名与存储在信息空间中的多媒体对象建立对应). 利用文字识别技术,通过理解查询的语义就可建立这样的对应,完成信息查询. 但文字识别和理解,除了需要复杂的计算以外还容易受环境影响不利于普及. 在普适计算的环境下,利用手机这样综合了无线通信、计算、传感器技术的移动信息设备就能把识别的问题转化为图像定位问题. 从而简化计算,提高鲁棒性. 文献

[16]提出利用手机在纸质文档进行信息检索的方法. 例如,通过纸质的天气预报地图,在互联网上查询各地的天气预报信息. 其基本原理是:首先通过检测图像中的二维视觉编码得到四组对应点,求出图像到文档之间的平面变换,从而得到图像中心在文档中的对应位置. 图像中心实际就是摄像机的光轴与图像的交点,它在图像中用“十”符号标注,用户就可用它来指示所要访问的项目. 数据库中事先已存储了纸质文档版面上各项内容的几何分布信息. 因此通过在线的数据库可以查询关于文档该位置处的相关信息,如天气、温度等,并显示在用户的手机上. 这样就把这个识别问题转化为定位问题,提高了方法的可靠性. 但是文献[16]的系统有一个严重的限制,即系统必须通过二维视觉编码来求取 4 组对应点. 这就要求在摄像机视场中始终存在二维视觉编码. 对于幅面大的纸质文档来说,必须布置足够多的视觉编码才能满足要求,这给纸质文档的内容安排带来很大的不便. 为了克服文献[16]系统存在的这个限制,我们课题组提出了改进的方法^[17](参见图 1). 当摄像机视场脱离二维编码后,可通过对图像特征点的跟踪来得到图像之间变换关系的初始估计,并利用文档中大量存在的线性特征来进行误差的矫正,从而准确推导当前图像到纸质文档的变换矩阵,完成摄像机与文档的相对定位. 关于提高定位准确性方法的详细介绍请参考文献[17]. 通过手机把纸张转化为可移动交互接口具有广泛的应用,在发展中国家将更受欢迎^[18]. 因此值得予以重视.

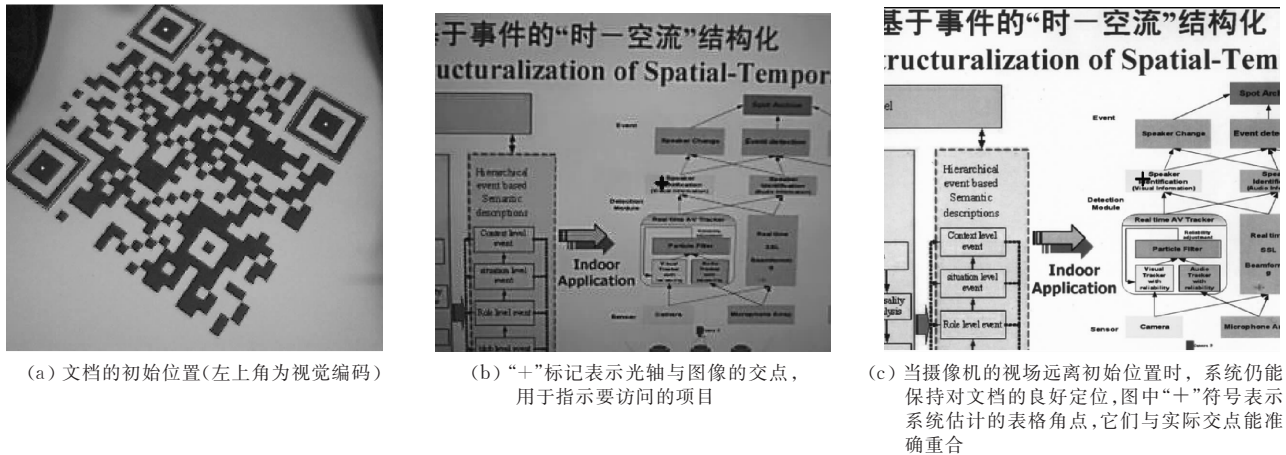


图 1 利用手机在纸质文档上检索信息

3.1.3 对物理空间中的物体赋予虚拟属性

物理空间中的实体(entity),即物体与信息空间中的实体(对象)各有不同的性质. 物理空间中的物

体是物理的存在,它的性质是:(1) 物体具有空间的属性,例如体积、重量、空间位置等. 用户可触摸物体,即可利用人类的各种感觉与之交互;(2) 但物体

之间的关系是隐含的,例如,放在我办公室中的桌子归我使用的,即属于我的。“桌子”与“我”是从属的关系,但这种关系是隐含的,要根据其它相关信息和知识推理得到;(3)物理空间中发生的各种活动或事件只能保存它们的结果,而对其过程则无法保存,即时间不可逆.与此相对,信息空间是人工建立的虚拟空间,其中的实体,即对象的性质是:(1)对象本身没有物理属性,用户无法直接通过感觉来与它们进行交互;(2)对象之间可方便地建立和表示各种关系;(3)信息空间中可方便地把动作和事件的过程记录为档案,以备以后的检索.通过建立文献[3]中所述的对应关系,就有可能使物理空间中的物体具有信息空间中对象的属性(我们把这样的操作称为“对物理空间中物体赋予虚拟属性”),从而为用户提供更方便的服务.例如,超链是信息空间中对象之间的非线性链接关系,可为用户提供方便的信息检索方式. Slay 在文献[4]中提出了一种思想,在多个显示器之间建立超链,从而可方便地表示在各个显示器上的显示内容之间的关系.这是一个有广泛应用但还没有被充分研究的课题.

3.1.4 可触摸接口(tangible interface)

以上介绍的使现实物体与信息空间中的信息对象建立对应的方法都是从现实物体出发去寻找信息对象,而可触摸接口^[19]则是从相反的方向着手.它通过为数字信息提供一个物理的形式,以便使得信息空间中的二进制数字信息可被用户所直接操作和感知.可触摸接口的一个典型例子是“石雕录音电话”(Marble Answering Machine)^[20].在此电话系统中,来电的语音留言在物理上被具体化为一个石雕.用户可通过拿起这个石雕来操作语音留言.当把这个石雕放到录音电话的一个凹槽中去时就可播放留言.用户还可以把石雕放到一个改装过的电话机上,这时电话机就会自动地拨号进行回电.文献[19]认为可触摸接口沟通了信息空间(cyberspace)与物理环境,使其无缝地相连接.从这方面来看它与普适计算有相同之处,但它的目标并不是为了使计算机无所不在,而是面向比计算机更为普遍的一般物体,利用数字技术对它们进行增强.可触摸接口技术已被应用于从城市规划^[21]到产品设计^[22]和信息组织^[23]等广泛的领域.现在,压力、加速度等各种传感器日益成熟和普及.与此相应,基于可触摸接口的各种接口技术也将被广泛地应用于各种普适计算系统.

3.2 基于觉察上下文计算的人机交互——隐式人机交互

3.2.1 不可见计算的本质是实现隐式人机交互

使计算成为不可见,不是一个计算机尺寸大小或是硬件与环境的无缝集成问题,而是一个使用户既享受到计算服务又不需要为了操作计算机而费力、分心的问题,也就是一个用户如何感知计算机的问题.为了使计算机从用户的感知中消失,那么计算机需要具有检测和理解用户的需要和意图,甚至情绪的能力.在不可见计算的情况下,用户仍然与帮助他们完成某种任务的工具交互,但是他们的注意力是在任务本身.这时用户与计算机之间进行隐式人机交互.如图2所示^[24]隐式人机交互是人与环境、与用于完成任务的用品之间的交互.在这个过程中信息系统从用户获得“隐式输入”和能对用户提供“隐式输出”.隐式输入是用户的动作和行为,完成这个动作是为实现一个目标,但是主要不是为了与计算机交互.这个动作被计算机所获取、识别和解释为输入;隐式输出是计算机的输出,但它不直接与计算机的显式输入相关,它与隐式的环境和任务无缝地相集成.隐式的人机交互使得用户能透明地使用计算机系统,从而能把精力集中在任务上.这时用户能把精力集中在与环境的交互,而不是与计算机系统的交互.

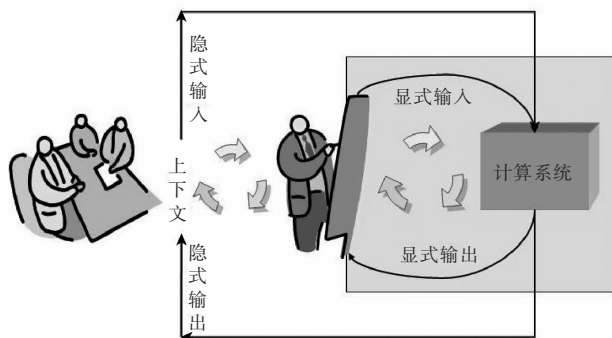


图2 隐式人机交互原理图

以下用我们开发的 Smart Classroom^[25]系统中的 Smart Cameraman 模块来说明隐式交互的概念. Smart Classroom 是一个用于提供远程教育服务的智能空间.在这样的教室中教师如同在传统的教室中那样,面对本地的同学而不是计算机键盘、鼠标进行教学.但与此同时教师还可与远方的学生交互以提供远程教学服务.交互方式中包括利用桌面会议的功能进行视频/音频交互和利用共享白板进行教材的传输.如图3所示 Smart Cameraman 模块的功能是根据教室中的场景,通过自动地调整转播的视

频镜头来引导远方学生的注意力。①当教师在白板上写板书时，学生最关心的是屏幕上的内容，这时就转播屏幕内容；②当教师讲解教具时，最主要的是看清教具，因此转播教具的特写；③当与本地同学讨论时，最重要的是看到教室内的总体气氛，也就是转播教室的全景。当教师在触摸式屏幕上写注释时，他通过触摸屏书写的字符是对计算机的显式输入。而 Smart Cameraman 模块通过对触摸屏信号的检

测和手势识别^[26]理解了教师的动作和他的意图，这就成为系统的隐式输入，由此对转播的镜头做相应的调整，这就成为隐式输出。Smart Classroom 是一个硬件由 8 台计算机，软件由基于多智能体(Multi-agent)中间件构成的分布式计算机系统。但这些计算机从人机交互的角度对用户来说是不可见的。由以上例子还可看到隐式交互与显式交互可以共存并且是相互补充的。



图 3 根据教师在教室中的不同动作确定转播的镜头

在通用的环境下实现可靠的隐式交互，在当前的技术水平下似乎是不可能的。许多实现隐式交互中的关键课题，例如识别和解释情境和对用户意图的预测还没有解决。但是在受限的领域中，例如，导游系统和基于位置的服务等这是可行的^[27]。

3. 2. 2 觉察上下文计算(context-aware computing)是隐式的人机交互的支撑技术

隐式人机交互的必要条件是系统能根据用户环境中的动作理解他的意图，从而产生隐式输入。对用户动作的正确理解需要有上下文知识的指导。因为相同动作在不同的上下文下，可能表达不同的含义。此外要使隐式输出与环境无缝地融合，也就是系统的输出与当时环境下用户根据他在现实世界中的经验产生的期望相吻合，同样也需要了解环境的上下文。因此觉察上下文计算是实现隐式人机交互、使

得计算机对用户的感觉是不可见的支撑技术，它正越来越被认为是真正普适计算环境中的关键技术^[28]。

图 4 中所示为在学术会议的“学术报告”上下文中的事件检测与对用户意图理解。系统根据来自音频/视频信息的线索，检测到“报告人走上讲台”，“报告开始”等事件，并通过推理知道当前会议的情景是“学术报告”。在这样的上下文下，如果检测到“听众举手事件”，那么很大的可能性是“听众请求提问”。如果是在“会议表决”的上下文下，那么听众同样的动作就可能是表示对表决的内容表态。在学术报告的情境下，如果报告人通过手势和语音表示同意听众的提问，那么系统就要像服务人员所应该提供的现场服务那样，向提问的听众提供麦克风输入和视频转播的服务。

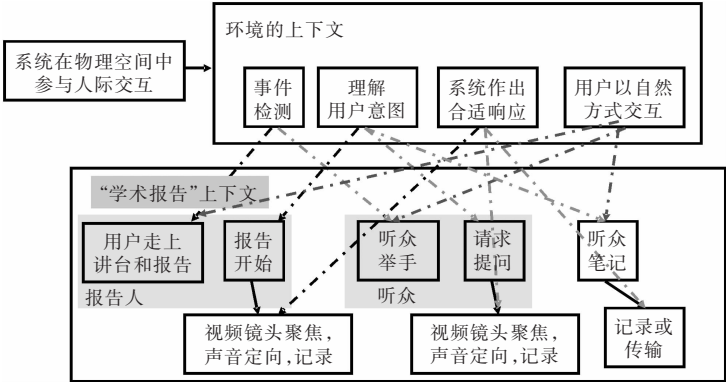


图 4 “学术报告”上下文中的事件检测与理解

如何建立能觉察上下文的应用系统是一个富有挑战性的研究课题,其中涉及上下文获取、上下文表示、分布和抽象以及编程的模式、开发支持和对人机交互的影响等研究问题.更为详细的内容请参阅文献[24,29].在信息技术中从操作系统到通信、网络等各个领域,觉察上下文计算都起着重要作用,而且对上下文的定义也可能各不相同.这里我们主要研究觉察上下文计算对人机交互的影响.用户在生活环境中可能每时每刻都在进行各种活动,但其中只有一部分在当时的上下文中具有语义,可理解为隐式输入的事件.因此,这里需要研究以下两个关键课题:(1)上下文指导下的多层次事件检测和语义描述模型;(2)人机交互环境下的动态上下文模型.

(1) 上下文指导下的事件检测和语义描述模型

从本质上讲,用户在物理空间中的各种活动和事件是一个具有时间-空间特性的动态过程,利用传感、信息处理和理解技术把这个过程转换为多模态时-空流.从这样的低层多模态数据到隐式输入这样的高层语义理解之间存在巨大的语义鸿沟.语义事件被认为沟通这个鸿沟合适的中间台阶,为此需要研究以下问题:①事件的定义与模型.媒体数据中的显著变化以及围绕这样的变化的状态都被称为事件.事件的描述涉及对象、动作以及它们之间相互关系.事件的描述是随时间变化,并具有多层的结构.建立事件的通用模型是研究的基础;②事件的检测.它涉及对象检测、跟踪和特征抽取.这里指的对象是广义的,它可以是现实世界中如人脸和人体这样的物体,但也可能是图像中的一个区域,音频对象以及上下文的变化等;③事件识别.它涉及的内容为:对象识别、动作识别、行为识别;④多线索的融合方法.事件中可能包含来自多种媒体信息的线索,并且从现实环境中获得的多模态数据都具有一定程度的不确定性,为完成可靠的事件检测,有效的信息融合是关键的问题;⑤上下文的感知及利用.上下文是事件发生于其中的环境.同时上下文与事件本身都可能包含多层的结构并在一定情况下可发生转化.这个问题需要在下面的上下文模型中一起讨论.

我们提出了如图5所示的多层次语义框架模型^[30].在图的左面是利用各种信号处理技术得到的关于图像和多模态数据的多层次特征.这些特征是多模态数据的固有属性,它们的抽取主要涉及信号处理技术.其中某些特征与事件的发生有密切关系,因此在一定的上下文中,它们可作推理事件的线索(cues).“推理引擎”根据这些线索进行推理以检测

事件.事件本身也是多层次的,低层的事件可作为上层事件检测时的线索.多层次的事件(hierarchical events)描述了多抽象层次语义,从而沟通了语义鸿沟.对事件层次的定义取决于应用的领域以及具体的上下文情况.至于选择哪些低层特征和事件作为上层事件推理中的线索的问题,可根据用户体验或是通过因果分析(causality analysis)来确定^[31].理论上说,可以用线索提供的信息量来度量线索与事件之间的因果关系和相关程度^[32].按照信息论的观点,这可以通过互信息(mutual information)^[33]来计算.图5中所示为通用的多层次事件检测和语义框架模型.事件和语义的具体分层取决于实际的应用.图8中所示为在“现场会议建档系统”情况下的事件分层模型.更为详细的模型描述和工作机制请参考文献[42-43].

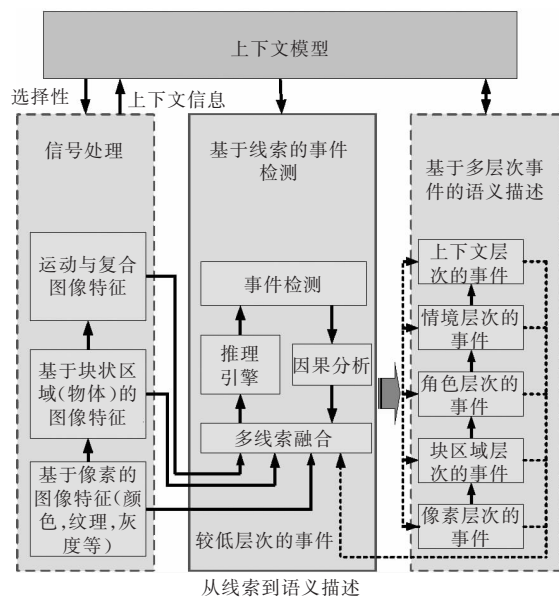


图5 上下文指导下的多层次事件检测和语义描述模型

为了验证这个模型,我们采用足球视频作为实验数据.足球赛一般来说可分成“比赛”与“赛场休息”两个上下文,在“比赛”上下文中,检测“射门”、“犯规”和“一般比赛”这三类事件,事件检测中使用了慢镜头、镜头尺度、球门球网、人体区域、标题条、镜头频度、镜头模糊度等8个线索.由于“慢镜头”可能是由高速摄像机或普通摄像机拍摄产生,并且具有复杂的切换模式.因此,它也是采用HMM模型的方法检测的^[34].

为了进行多层次的事件检测,我们提出了基于分层隐马尔可夫模型(Hierarchical Hidden Markov Model, HHMM)的多线索融合和事件推理方法^[35-36](图6).HHMM模型是结构化的多层次随

机过程,它是对 HMM 模型的一种扩展^[37]. HHMM 对标准 HMM 的扩展方法是将每个隐式状态都变成一个“自治的”概率模型,即每个状态就是一个 HHMM 模型. 因此,一个 HHMM 模型的状态所对应的是符号的序列而不是一个单独的符号. 最初的动机是针对自然语言(如语音、手写和印刷文本)存在的复杂得多尺度结构,寻找一个系统的方法对这样的结构进行建模. HHMM 模型为解决多层次事件的检测提供了一个通用的数学模型. 其中高层 HMM 模型代表处于较高语义层次的事件,它的每个状态所对应的低层 HMM 模型,可以看作是对高层事件的子事件的建模. 通过 HHMM 的建模、训练和推理,我们可以同时检测出高层事件和低层的子事件,并确定事件的边界,从而解决 HMM 应用中遇到的时域分割问题. 我们在实验中采集的数据包括 67 个足球比赛视频,持续时间共长达 17h27min. 这些视频按照来源不同可分成六类,分别来自两届世界杯(World Cup, WC)、欧洲冠军联赛(Union European Football Association Champions League, UEFA)、意大利甲级联赛以及由两个电视台分别转播的英超联赛. 实验表明使用 HHMM 方法的“射门”和“犯规”事件检测的正确率平均在 85% 以上. 说明基于 HHMM 模型的多层次事件检测算法是可行的.

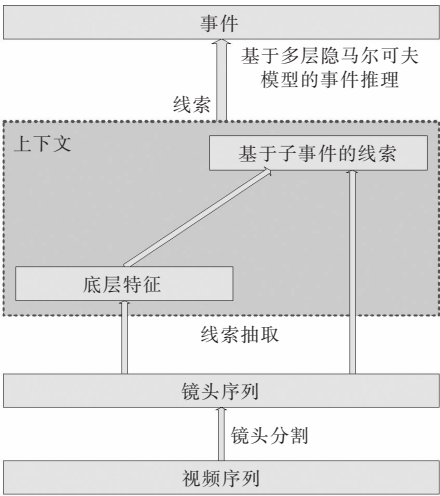


图 6 基于 HMM 模型的多层次事件检测

(2) 人机交互环境下的动态上下文模型

在隐式人机交互中,计算系统要检测和理解用户动作和意图,并参与人际交互的过程. 为此系统必须“在线”(on-line)分析表示用户动作的多模态数据流. “在线”与“离线”数据分析的差异不但在于是否要求实时处理,更重要的是在“在线”的情况下,系统

有可能根据处理结果对用户做出响应或调整系统的行为. 其中包括数据采集和对用户做出响应的方式,也就是说改变系统工作的上下文. 同时上下文必然也会随着任务和过程的进展而变化. 因此需要研究动态上下文模型以及相关的关键课题:①上下文的定义和分类. 上下文已在信息技术的各个领域被广泛应用,但不同领域需要与之适应的上下文定义. 在隐式人机交互环境下,物理和电子的环境构成了人与计算服务之间交互的上下文,它应该包括用于表征与用户、应用和周围环境之间交互相关情境的任何信息. 需要研究与此相适应并且是计算系统可操作的上下文定义. 根据 Webster 的 21 世纪新辞典,上下文的定义是:“与某个事件或个人有关的整个情境、背景或环境”. 这样的定义虽然通用,也说明了事件与上下文之间的密切关系,但在技术上无法进行操作. 对人机交互的研究来说,可操作的上下文定义是:可表征与“用户-应用”之间交互相关的实体(无论是个人、地方或物体)所处情境的任何信息,其中包括与用户之间以及应用自身之间的交互相关的实体^[38]. 这里的实体可以是用户、物理空间中的或信息空间中的对象. ②上下文的分类和获取的方法. 与事件检测的分层特性相应,上下文本身具有分层的结构. 低层的上下文信息,例如用户的位置,可通过传感器得到;高层的上下文,例如,用户在做什么,需要通过识别和推理才能得到. 对任何觉察上下文系统来说,获取上下文是一个先决条件. 一般来说,获取上下文可被考虑成一个过程,通过这个过程来获取世界中的实际情境,确定显著特征和建立抽象的表示,这个抽象的表示然后提供给系统中的部件,以便进一步地使用. ③动态上下文模型. 在人机交互过程中系统对用户做出响应或调整系统的行为,其中包括数据采集和对用户做出响应的方式,也就是说改变系统工作的上下文. 同时随着任务和过程的进展,上下文必然也随之而变化. 因此这时需要研究如何随时根据传感数据来觉察当时的上下文,并在这样的上下文指导下完成合适的系统操作和响应. 为此需要建立动态上下文模型.

各种会议是一个典型的人机交互的例子. 因此会议环境也被广泛地用来研究觉察上下文计算和事件检测^[39]. 以我们正在研究的“现场建档系统(On-The-Spot Archiving)”为例说明. 图 7 中所示为系统的实验环境. 这个系统以小型学术会议(seminar)为应用环境,设想的与会人数是 6 人以下. 计算系统将在上下文模型的指导下检测会场内发生的事件并提

供相应服务. 例如, 为“会议讨论”中的发言者提供语音和视频的输入和记录服务. 并随着发言者的改变切换语音和视频服务的对象. 在学术讨论会的环境中, 可能包括以下场景和事件^[40]: ① 主讲人在白板前做演讲; ② 发言者的独白 (Monologue): 发言者连续不间断地发言; ③ 白板书写 (White-board): 与会者在白板前演讲并在白板上书写; ④ 与会者围坐在桌边进行讨论; ⑤ 与会者做笔记 (Note-taking) 等.

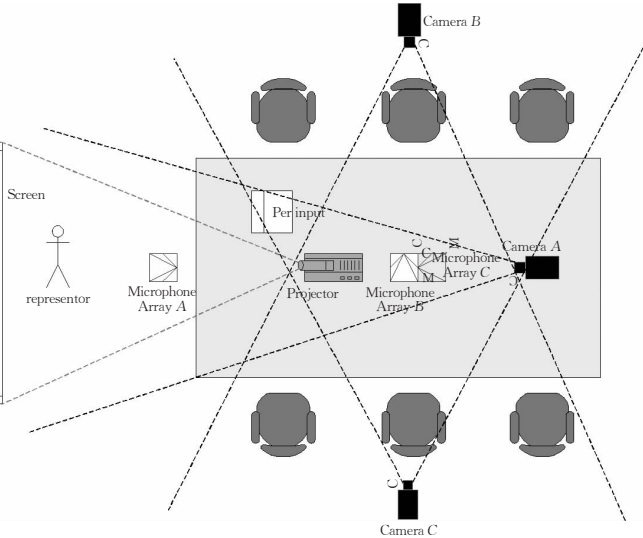


图 7 现场 (On-The-Spot) 建档系统的实验环境

事件检测是与上下文密切相关的. 在上下文模型的指导下才能实现高效的事件检测, 而各个抽象层次的事件又是环境上下文的关键信息. 实现这个任务的一种方法是上下文模型指导, 基于多层次事件的检测方法 (见图 8 所示)^[41]. 这个方法的特点是: ① 上下文模型指导: 上下文规定了所希望系统的行为. 上下文模型中包含表征情境 (situation) 的各种信息, 情境是在被赋予了角色的实体上计算的关系的集合. 上下文模型决定对原始数据检测什么实体 (entity) 和实体之间的什么关系 (relation); ② 多层次的事件: 其中包括角色事件、情境事件和上下文事件; ③ 在这个框架下能支持两个方向的信息处理流: 从低层传感器数据自底向上地推论高层上下文; 从上下文模型自顶向下对事件检测的导引. 从本质上讲这是在觉察上下文计算机制指导下的多层次事件检测, 到目前为止这还是一个非成熟方法, 也是富有探索性的研究课题. 在文献^[42-43]中介绍了在图 8 模型的指导下, 以现场会议建档系统为实验环境, 通过对多摄像机和麦克风阵列 (microphone array) 等低层传感器数据的处理和分析, 进行自底向上的上下文推理; 同时在高层上下文 (即场景事

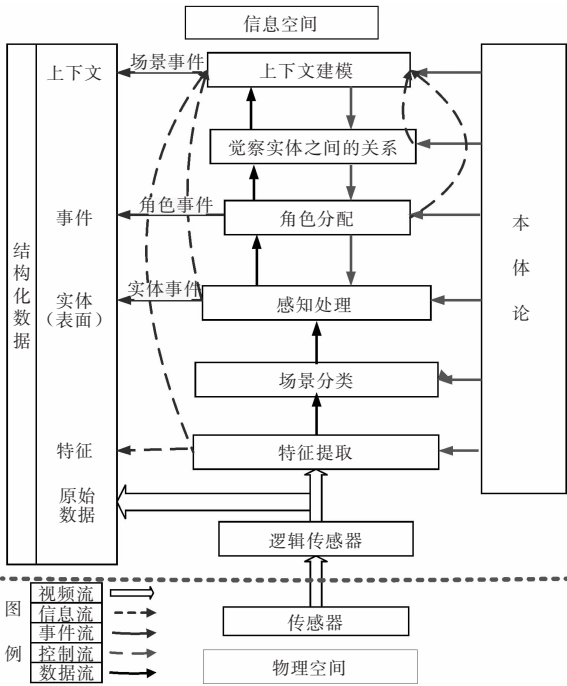


图 8 动态上下文模型指导的多层次事件检测

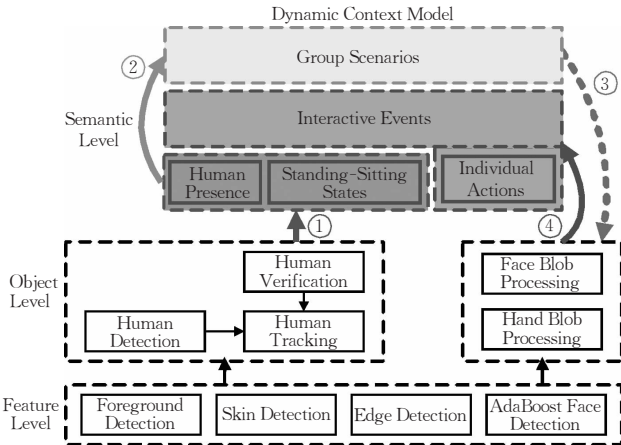


图 9 实现图 8 所示事件检测的视觉系统 (图中①, ②, ③, ④分别表示视觉信息处理的顺序)

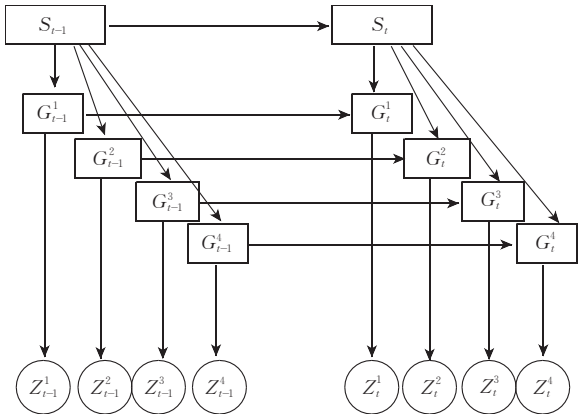


图 10 基于动态贝叶斯网络的会议上下文推理模型 (其中圆形的结点 Z_t^i ; Z_{t-1}^i 表示在焦点区域内对人体对象的视频和音频观测, 根据这些观测动态贝叶斯网络对离散隐变量 (方框结点), 即 4 种交互事件 G_t^i ; G_{t-1}^i 进行估计并进一步对会议的场景 S_t (即会议上下文进行推理)

件)的指导下进行自顶向下的事件检测,从而完成动态上下文模型指导下的多层次事件检测和理解。在此基础上就有可能为用户提供隐式的人机交互服务。图 9 所示为实现图 8 所示事件检测的视觉系统。这是一个分布式的实时视觉系统,需要相应的分布式平台的支持^[44]。图中①,②,③,④分别表示视觉信息处理的顺序,这样的“自底向上”与“自顶向下”的处理过程可根据应用的需要加以延续。图 10 所示为基于动态贝叶斯网络的会议上下文推理模型,它根据视、音频的观测来推理会议的上下文。为提高推理效率,我们采用了 RBPF (Rao-Blackwellized Particle Filter)方法。

4 小结与讨论

普适计算模式需要与之适应的全新人机交互模式,这就是物理空间人机交互。它包括“人机交互接口”和“隐式人机交互”这样两个层次。在接口层次上,普适计算模式使人机交互接口从局限于计算机面前扩展到人们生活的物理空间和日常用品,从而使计算真正融入人们的生活。有许多领域或技术的研究都与此目标相关,其中包括可穿戴计算机、多模态人机接口、可触摸接口或计算、增强现实,涉及非常广泛的技术领域。但从物理空间人机交互的角度来看,为了得到信息服务,这些技术都需要在物理空间和信息空间中的相应对象之间建立对应关系。而且在普适计算的模式下,由于计算、通信、传感技术的融合,这样的对应关系可建立在从物体表面、特征、动作到事件等各个抽象语义层次上。这为开发新的人机交互接口技术提供了指导思想。

使计算真正进入人们的生活,不仅要使信息访问接口触手可及,更为本质的是使计算成为不可见,也就是在觉察上下文计算支持下实现隐式人机交互。觉察上下文计算已成为普适计算研究中的核心问题。这是一个富有挑战性的课题,其中的困难是上下文已从计算机内部扩展到三维物理空间,而且其中已经充满了信息设备和系统。对觉察上下文计算的研究离不开对这样的充满了信息的物理空间性质以及物理空间与信息空间之间关系的理解。对此人们已开展了广泛的研究,包括我们提出的物理-信息对偶空间的理论^[3]。物理空间中人机交互需要与这些相关的领域开展多领域交叉研究。此外在普适计算模式下,人机交互就发生在人们生活的物理空间,而人们从与物理世界的接触中学习得到环境反应的

知识的过程从幼年时就开始了,这样的知识积累可能需要一生的时间。对在物理空间中与用户交互的普适计算系统来说,必须能按照环境反应的知识并按人们的习惯与用户进行交互。这里涉及心理学和社会心理学领域的研究。这里更需要开展多学科的交叉研究。

参 考 文 献

- [1] Weiser M. The computer for the twenty-first century. *Scientific American*, 1991, 265(3): 94-104
- [2] Rozanski E P, Haake A R. The many facets of HCI//Proceedings of the 4th Conference on Information Technology Curriculum. Lafayette, Indiana, USA, 2003: 180-185
- [3] Xu Guang-You, Tao Lin-Mi, Zhang Da-Peng, Shi Yuan-Chun. Dual relations in physical and cyber space. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(1): 121-128
- [4] Slay H, Thomas B. An interaction model for universal interaction and control in multi display environments//Proceedings of the 1st International Symposium on Information and Communication Technologies. Dublin, Ireland, 2003: 220-225
- [5] Schmidt A. Implicit human computer interaction through context. *Personal Technologies*, 2000, 4(2): 191-199
- [6] Abowd G D, Schilit B N. Ubiquitous computing: The impact on future interaction paradigms and hci research//Proceedings of the CHI'97 Workshop 2. Atlanta, USA, 1997
- [7] Flanagan J, Huang T, Jones P, Kasif S. Information, interactivity, and intelligence-final report//Proceedings of the National Science Foundation Workshop on Human-Centered Systems, 1997
- [8] Gopal Pingali et al. Steerable interfaces for pervasive computing spaces//Proceedings of the 1st IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications. Fort Worth, Texas, 2003: 315-322
- [9] Zhang Zheng-You. Vision-based interaction with fingers and papers//Proceedings of the International Symposium on the CREST Digital Archiving Project. May Tokyo, Japan, 2003: 83-106
- [10] Wellner P. Interacting with paper on the Desk. *Communications of the ACM*, 1993, 36(7): 87-96
- [11] Starner T, Mann S, Rhodes B, Levine J, Healey J, Kirsch D, Picard R W, Pentland A. Augmented reality through wearable computing. *Presence, Special Issue on Augmented Reality*, 1997, 6(4): 386-398
- [12] Maggioni C, Kammerer B. Gesture computer-history, design and applications//Cipolla R, Pentland A eds. *Computer Vision for Human-Machine Interaction*. Cambridge University Press, 1998
- [13] Coutaz J, Crowley J L, rard F B. Things that see: Machine perception for human computer interaction. *Communications of the ACM*, 2000, 43(3): 54-64
- [14] Azuma R T. A survey of augmented reality. *Teleoperators and Virtual Environments*, 1997, 6(4): 355-385

- [15] Azuma R, Baillot Y, Behringer R, Feiner S, Julier S, MacIntyre B. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics & Application*, 2001, 21(6): 34-47
- [16] Rohs M, Gfeller B. Using camera-equipped mobile phones for interacting with real-world objects//Ferscha A, Hoertner H, Kotsis G eds. *Advances in Pervasive Computing*. Vienna: Austrian Computer Society (OCG), 2004: 265-271
- [17] Zhu Lan-Tian. Paper-document-visual-interaction system based on camera [M. S. dissertation]. Beijing: Tsinghua University, 2004(in Chinese)
(朱蓝天. 基于摄像头的纸质文档视觉交互系统研究[硕士学位论文]. 清华大学, 北京, 2006)
- [18] Parikh T S, Javid P. CAM: A mobile interaction framework for digitizing paper processes in the developing world//Proceedings of the Eighteenth Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology. Seattle, Washington, 2005
- [19] Ishii H W, Ullmer B. Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, Bits and Atoms//Proceedings of the CHI'97. Atlanta, GA, 1997: 234-241
- [20] Crampton Smith G. The hand that rocks the cradle. *The International Design Magazine*, May/June 1995: 60-65
- [21] Eran Ben-Joseph, Hiroshi Ishii, John Underkoffler, Ben Piper, Luke Yeung. Urban Simulation and the luminous planning table bridging the gap between the digital and the tangible. *Journal of Planning Education and Research*, 2001, 21(2): 196-203
- [22] Kazue Kobayashi, Mitsunori Hirano, Atsunobu Narita, Hiroshi Ishii. A Tangible interface for IP network simulation//Proceedings of the CHI 2003. Lauderdale, Florida, USA, 2003: 800-801
- [23] Robert J K Jacob, Hiroshi Ishii, Gian Pangaro, James Patten. A tangible interface for organizing information using a grid//Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems: Changing Our World, Changing Ourselves. Minneapolis, Minnesota, 2002: 339-346
- [24] Albrecht Schmid. Ubiquitous Computing—Computing in Context[Ph. D. dissertation]. Computer Science, Computing Department, Lancaster University, UK, 2002
- [25] Shi Yuan-Chun, Xie Wei-Kai, Xu Guang-You, Shi Run-Ting, Chen En-Yi, Mao Yan-Hua, Fang Liu. The smart classroom: Merging technologies for seamless tele-education. *IEEE Pervasive Computing*, 2003, 2(2): 10-18
- [26] Ren Hai-Bing, Xu Guang-You. Human action recognition in smart classroom//Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition. Washington, D C, 2002: 399-404
- [27] Schwinger W, Grün C, Pröll B, Retschitzegger W, Schauerhuber A. Context-aware ness in mobile tourism guides — A comprehensive survey. Business Informatics Group at Vienna University of Technology: Technical Report, July 2005
- [28] Moran T P, Dourish P. Introduction to this special issue on context-aware computing. *Human-Computer Interaction*, 2001, 16(2): 87-95
- [29] Saul Greenberg. Context as a Dynamic Construct. *Human-Computer Interaction*, 2001, 16(2): 257-268
- [30] Jin Guo-Ying. Sport video analysis based on multilayer semantic model framework in physical-information dual space [Ph. D. dissertation]. Tsinghua University, Beijing, 2006 (in Chinese)
(金国英. 对偶空间中多层次语义框架模型下的体育视频分析[博士学位论文]. 清华大学, 北京, 2006)
- [31] Wang Lei. Research on video event detection and recognition [Ph. D. dissertation]. Tsinghua University, Beijing, 2004 (in Chinese)
(王磊. 视频事件检测与识别技术研究[博士学位论文]. 清华大学, 北京, 2004)
- [32] Kruppa H, Schiele B. Hierarchical combination of object models using mutual information//Proceedings of the British Machine Vision Conference (BMVC'01). Manchester, UK, 2001: 103-112
- [33] Cover T M, Thomas J A. *Elements of Information Theory*. New York: John Wiley, 1991.
- [34] Jin G Y, Tao L M, Xu G Y. Slow-motion replay detection in soccer videos based on multi-level HMM integrated with shot detection//Proceedings of the 6th International Workshop on Image Analysis for Multimedia Interactive Services, 2005
- [35] Jin G Y, Tao L M, Xu G Y. Hidden Markov model based events detection in soccer video//Proceedings of the International Conference of Image Analysis and Recognition. Porto, 2004: 605-612
- [36] Jin G Y, Tao L M, Xu G Y. Cues extraction and hierarchical HMM based events inference in soccer video//Proceedings of the 2nd European Workshop on the Integration of Knowledge, Semantic and Digital Media Technologies. Lonten, 2005
- [37] Fine S, Singer Y, Tishby N. The hierarchical hidden Markov model: Analysis and applications. *Machine Learning*, 1998, 32(1): 41-62
- [38] Dey, Anind K, Abowd, Gregory D, Salber, Daniel. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 2001, 16(2-4): 97-166
- [39] Waibel A, Steusloff H, Stiefelham R. CHIL — Computers in the human interaction loop//Proceedings of the NIST ICASSP Meeting Recognition Workshop. Montreal, Canada, 2004
- [40] McCowan I, Gatica-Perez D, Bengio S, Lathoud G, Barnard M, Zhang D. Automatic analysis of multimodal group actions in meetings. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2005, 27(3): 305-317
- [41] Crowley J L. Context driven observation of human activity//Proceedings of the European Symposium on Ambient Intelligence. Amsterdam, 2003
- [42] Zhang Xiang, Xu Guang-You, Xiao Xiao-Ling, Tao Lin-Mi. Online analysis of hierarchical events in meetings//Proceedings of the 12th International Conference on Human-Computer Interaction. Beijing, 2007
- [43] Dai Peng, Tao Lin-Mi, Zhang Xiang, Dong Li-Gen, Xu Guang-You. An adaptive vision system toward implicit human computer interaction//Proceedings of the 12th International Conference on Human-Computer Interaction. Beijing, 2007

[44] Wang Yao, Tao Lin-Mi, Liu Qiang, Zhao Yan-Jun, Xu Guang-You. A flexible multi-server platform for distributed video information processing//Proceedings of the 5th Inter-

national Conference on Computer Vision Systems, Bielefeld University, Germany, 2007



TAO Lin-Mi, born in 1962, Ph. D. , associate profes-

XU Guang-You, born in 1940, professor. His research interests include computer vision, HCI and Ubiquitous/Pervasive computing.

sor. His research interests include computer vision, HCI and Ubiquitous/Pervasive computing.

SHI Yuan-Chun, born in 1967, Ph. D. , professor. His research interests include computer vision, HCI and Ubiquitous/Pervasive computing.

ZHANG Xiang, born in 1969, Ph. D. , associate professor. His research interests include computer vision, HCI and Ubiquitous/Pervasive computing.

Background

Ubiquitous/pervasive computing is an emerging technology in computing mode, considered as the reformation to the traditional desk-top computing mode. In terms of HCI, ubiquitous/pervasive computing can be defined as the attempt to break the pattern paradigm of the traditional relationships between users and computational services by extending the computational interface into the user's environment, namely the 3D physical space. The research on ubiquitous/pervasive computing is in the state of art, especially in its HCI technology. A lot of research effort has been devoted to explore the technology, which can support extending the computational interface into the user's environment. A number of research areas, such as multi-modal human computer interface, argument reality, tangible interface, wearable computer, are related to this subject, but no of them can fully tackle it, and further there is no clearly understanding about the principle underlying this kind of interface. Besides, HCI for ubiquitous/pervasive computing not only to address the issues related to the interface level, but also, even more important, is to carry out implicit human computer interaction, which is the bases to make "computer invisible", as Mark wiser put it. Implicit HCI is also vital to enable computer entering into the human interaction loop. There is no well recognized theory about implicit interaction yet and only few well constructed experiments are introduced. Based on their research results on smart space the authors put forward the theory of Dual relations in physical and cyberspace (please refer to the follow-

ing paper: Xu Guang-You, Tao Lin-Mi, Zhang Da-Peng, Shi Yuan-Chun. Dual relations in physical and cyber space. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(1): 121-128), which will reveal the new insight about HCI for ubiquitous/pervasive computing. In the light of dual relations in physical and cyberspace, the access information essentially to establish the correspondences between physical and cyberspace and the implicit interaction is of the interaction based on context aware. The paper also provides some convincing results to show how to establish the correspondence between physical and cyberspace and the implicit HCI.

The research group has been engaged in the research on ubiquitous/pervasive computing since 90's of last center, and accomplished a number of important research projects, including "Space Working Space-The HCI technology for Ubiquitous/pervasive computing era" (863 project in the filed computer), "Smart Classroom", "Advanced Emergency Information Center" (Government supported Grand research project during 10-5 period), and also several NSF projects. Due to the research achievements, strong research team and environment, they are granted to establish "The key laboratory of ubiquitous/pervasive computing, Ministry of Education", in 2003. The main task of the Lab. is to promote the research on Ubiquitous/pervasive computing in China and academic exchange and cooperation in all of the world and China, as well.