

普适计算如何融入日常生活

游创文¹ 沈而立² 张诗平³ 陈予涵² 朱浩华²

¹台湾“中央研究院”

²台湾大学

³美国卡内基梅隆大学

关键词：情境感知计算 智能家庭系统 劝导科技
简便感测科技 参与感测科技 普适计算工具

普适计算的目标是使计算机科学技术自然而然地融入人们日常生活当中。在使用传统PC时，人们需要使用鼠标、键盘或触摸屏，在科技创造的“虚拟世界”里，与他人或其他计算机进行虚拟互动；而普适计算则不同，它将科技带入“真实世界”，让科技真正融入我们的现实生活中。

诸多所谓宅男宅女，沉溺于“虚拟世界”和“虚拟活动”。如：从在线游戏中赚取“宝物”，或沉湎在目前流行的社交网站当中，终日废寝忘食地投入于虚拟世界。这种趋势已经背离许多专家的共识——人类自然且健康的生活方式是在真实世界中生活。举例来说，在户外慢跑、与他人面对面沟通，比起在虚拟世界中“辛苦”地追杀怪兽，或躲在计算机前通过网络与他人沟通，都更加自然且健康。这种现象，激发了计算机科学家的思考：如何摆脱传统PC键盘、鼠标，让计算机科技融入真实世界中，让人们能够更自然地在真实世界中与计算机互动，从而跳出计算机所创造的虚拟世界。

对于普适计算，最关键的问题在于什么是使人们

更易于使用，并与数字世界互动的“最自然”的人机界面。现在，我们拥有大量的电子互动装置：配有鼠标、键盘及屏幕的PC、附有按键或触控式屏幕的手机、数字电视、游戏机，以及电子表等。若将各项功能合而为一，是否即可称为最自然的人机界面？对于这个问题，普适计算的答案是：最自然的人机界面并不存在于电子产品中。目前的电子互动装置，如iPhone或iPad等，虽然酷炫，却是近50年内才开始开发的工具。相较于已陪伴我们数千载且习以为常的生活用品，如桌、椅、笔、纸等等，人们对电子互动装置并未习以为常。对许多人而言，如果还没把使用手册看完，便想要马上掌握一款全新的智能手机的功能，并不是一件容易的事；然而，掌握如何使用不同的桌子、椅子、笔等物品，却是轻而易举。

试想，若能让我们熟知且习惯的工具，成为与数字世界互动的界面，则计算机科技便能融入现实世界^[1]，只需用到一般生活用品就能和数字世界互动，该是何等美妙、自然！电影《哈利波特》中各式各样的魔幻道具——魔法楼梯、画作、藏宝地图、时钟等，以现在科技发展程度，要将其实现并非梦想。然而设想一下，若以计算机屏幕搭配键盘、鼠标作为魔幻道具互动界面，哈利波特电影将变得何等丑陋——所使用的魔幻道具将显得诡异、格格不入，电影

表1 普适计算的过去、现在、与未来

时期	研究主题	研究项目(部分)
过去	情境感知计算 (Context-aware computing)	PARCTAB
	智能家庭系统 (Smart and Automated Home)	AwareHome、House_n
现在	劝导科技 (Persuasive Technology)	Playful Bottle ^[3] 、UbiGreen ^[6]
	简便感测科技 (Simple and Deployable Technology)	HydroSense ^[7] 、GasSense ^[8]
未来	参与感测科技 (Participatory Sensing Technology)	PIER ^[15] 、GeoLife ^[16]
	普适计算工具 (UbiComp Tools)	Exemplar ^[18] 、Panoramic ^[19]

想要营造的魔幻经验势必随之幻灭。

普适计算研究的发展,范围非常广阔,且涵盖诸多研究主题领域,以下选择6个主要的题目(如表1),并将其分类为过去、现在、未来等三个部分分别介绍。

过去

情境感知计算

情境感知计算,是通过感知人们在日常生活各种行为和活动中的相关情境信息(如所处位置)经由系统运算推论,进而得出更适合个人的普适计算环境。推论结果根据使用者当时所处的情境而定,相应信息即泛称为情境信息(contextual information)。

所感知的情境信息包括对象所处的位置和时间,以及当时所面对的人、事、物。以最早期的情境感知计算系统XEROX PARC's PARCTAB为例,系统随时监测用户的位置,当用户接近某个物品或区域时,系统会自动提供给用户适当的信息,或为用户链接到合适的装置。例如:当某个人走进会议室时,系统会自动将他的手持装置的输出连接到会议室里的投影仪,让使用者方便与同事进行讨论。

同计算机相比,人类对外在事物感知能力(如:记忆或计算等能力)有其极限,且人与运算环境的互动,大多被传统的输入界面所局限。所以有效利用部署在环境中的传感器,感知人们现在的情境,让系统在适当时刻提供用户需要的信息,进而拓展人们的认知能力和范围,即为情境感知计算所希望达到的目标。

但是,想要正确有效地感知对象的情境,需先知道如何感测,并选择所需要的情境信息。其中,位置信息是一种基础的信息。过去十多年来,不同的定位系统分别利用无线电波、GPS¹、红外线、超声波、RFID²、WiFi³、超宽带等手段,测量使用者与其他传感器或基地台的相对距离远近和/或方位角度,再利用不同的定位算法,计算出用户所处的位置。

此类研究越来越趋向于改善定位精准度,使得系统配置愈趋复杂,也提高了部署装置的成本,需要事先规划安装传感器,且必须长期维护。另外,不同特性的应用,对情境信息的需求不同(如:不同位置精准度或不同类别的情境信息),使得情境感知计算系统需要使用更复杂的算法,结果的呈现方式趋于复杂,系统开发的复杂度也随之提升。

然而,尽管情境信息描述越来越精细,人类行为模式的复杂度却远远超过现在已有的情境信息所能预测的范围^[2];而且人们对信息系统产生错误的容忍度和信赖度不高,一旦系统做出错误推论,就会造成更大的反效果。所以,这类情境感知技术大部分还停留在研究阶段,而无法真正普及到实际生活中。

智能家庭系统

在充满各种特殊传感器和执行器的智能家庭系统中,当家中成员结束了一天的辛苦工作回到家后,坐在沙发上,智能家庭系统将自动决定并执行他想做的事。例如自动开启电视,并转到他最喜爱的频道;将空调或暖气开启,并调整至最舒适的温度;甚至可能有一个机器人,端着 he 最喜爱的饮料和食物放到他面前。这个智能家庭系统,是所有懒人的最终梦想,不需动用一根手指头,智能家庭系统便已了解他的需求和习惯,并满足了他的渴望。

以前已进行过一些智能家庭、自动家庭系统的尝试,有些已取得成功,如美国佐治亚理工学院的AwareHome、麻省理工学院的House_n、飞利浦公司的HomeLab等。但这些方法有两个主要瓶颈:

(1)对计算机准确预测使用者愿望的要求。其实现是非常困难的,一旦预测错误,将惹恼使用者。尽管过去几年中,已发展出许多新颖的人工智能技巧(或称为环境智慧),但现在的计算机仍难以与人类智能相提并论。

(2)将成本降低到用户可接受的程度。自动提供服务固然不错,但往往需衡量其科技配置成本

¹ Global Positioning System

² Radio Frequency Identification, 射频标签(亦有译作电子标签)

³ Wireless Fidelity, 即802.11b标准

与维护成本。开发自动提供服务的系统需要复杂的技术，成本也十分高昂。

因此，近年来许多研究计划，包括AwareHome和House_n，都已从自动科技（Automation Technology）转向中介科技（Mediation Technology）。中介科技不同于替代人类行为的自动科技，它以更人性化的形式，协助人们处理日常生活的大小事情，让人们生活更加方便、舒适，同时也丰富人们日常的行为体验，使得单调的日常行为更加有趣、健康和安全。以此为目标的研究计划有麻省理工学院的I/O Brush、Tobopo以及佐治亚理工大学的Cook's Collage、Digital Family Portraits、悉尼大学的Display Jersey等。

现在

劝导科技

20世纪90年代末期，福格（B.J. Fogg）提出劝导科技（Persuasive Technology）这一概念：主张利用计算机和用户的互动，改变使用者的态度或习惯。在这个过程中，计算机就像日常生活常见的工具一样，借助提供数据或指令，帮助用户更从容地完成预定的工作，更清楚地了解自身或周围的状况；计算机也能扮演媒体的角色，提供人们学习的机会和分析观点；同时计算机还可扮演社交成员的角色，通过社交互动来改变使用者的行为^[6]。劝导科技跳出了传统智能环境（Smart Environment）的观点，更强调“人”在生活中所扮演的角色，让每个人都能借助科技的劝导，而以更有质量的方式（例如良好健康的生活习惯，或是更环保的方式）生活，从而启发人们更具智慧。因此，劝导科技并非单纯取代人类的科技。

劝导科技的出发点是以人为本，为在其之前过度发展的感测技术赋予了新的意义：利用感测技术，使系统能更精准感测出人或环境不同的状态、行为，而目的则是给与使用者特定的回馈（feedback），以影响和改变使用者的行为，让普适计算更深入我们的日常生活。

在实际的劝导系统（Persuasive System）设计中，计算机可同时具备上述多种角色。举例来说，中国

台湾大学的Playful Bottle^[3]是一个鼓励人们摄取充足水份的系统。它结合了智能手机和透明水杯，以手机背面的相机拍摄水杯内水位，进而推测出使用者的喝水量，并用手机正面的触摸屏和使用者互动。系统会告知用户实际喝水量的数据，此外，还透过一个虚拟森林的小游戏，呈现系统的分析结果和社交互动：森林中的树木代表使用者身体的需水状态。当使用者摄取的水量达到系统要求时，树木会是充满绿叶的，反之，树木则会渐渐枯萎。而森林中的不同树木，即代表不同使用者。通过联机的方式，使用者可以察觉其他人的饮水状态，并通过游戏给予关心，鼓励饮水量不足的人记得多喝水。

劝导科技在健康、教育、环保等各类领域，都有应用的例子。如西门子公司的Fish'n'Step^[4]，以社交游戏鼓励使用者多做运动；中国台湾大学的Playful Toothbrush^[5]以寓教于乐的方式，帮助小孩建立良好刷牙习惯；美国华盛顿大学的UbiGreen^[6]利用手机背景程序，鼓励用户多搭乘大众交通工具等。

为了能随时随地侦测使用者的行为，近年来劝导科技常常结合移动计算（Mobile Computing），利用可穿戴的传感器（Wearable Sensors）或智能手机，达到实时接收信息并提供互动的效果。

然而，要改变一个人的行为或习惯，并非一蹴而就，必须长时间持续不断，才会见到效果。劝导科技目前所遇到的主要挑战，在于如何使系统长时间持续运作。在用户行为的感测方面，系统的算法必须精准，且兼顾电池寿命，以延长系统的使用时间，还需要考虑环境中各种可能影响侦测结果的因素，如温度、光线等等，以维持长时间且稳定的高准确率。而在互动设计上，系统也须克服新奇效应（novelty effect）——当使用者长时间使用后，已对系统失去新鲜感，系统如何继续影响使用者的行为，直到习惯确实养成为止，且在日后不依赖此科技时，使用者仍能持续此良好的行为习惯。这些都是劝导科技未来发展的重要课题。

简便感测科技

鉴于过去普适计算科技发展的经验，近几年

来,研究者开始认真研究简便感测科技。让一般家庭不需要高额花费,便可轻易地使用此系统。系统借助观察到的数据及简单的数据推论算法,将丰富实用的知识呈现出来,协助人们了解所关心的日常生活信息。其用意在于简化过去所谓“酷炫”数字科技的复杂装置步骤,让此技术不只在实验室中展现,也真正在现实生活中发挥作用。

感测科技只需安装极少量的传感器,感测现有的基础设施,如:日常用水、用电量或是天然气用量等。通过感知供电系统或水管管线的变化(如压力或声音改变),达到监测日常生活行为的目的。例如美国华盛顿大学的HydroSense^[7]系统,只需一个传感器将室内的水管管线接点(例如水龙头出水口)与室内水管线路连通,就能感测管线内的水压改变模式,指出正在用水的装置及其用水量。此类方法可在不改动内部管线设计的前提下,简单地安装单一传感器,就可有效观察日常生活的行为。

传统观察日常行为的研究,主要分为两种:第一种是在随身携带的装置(如手机等)上,利用加速度传感器,辨认人类不同的行为。但此装置需要用户随时携带,才能进行行为辨认。第二种是在环境中部署多个传感器,感测人的活动,包括:微软的EasyLiving项目,及美国加州大学洛杉矶分校的ViridiScope系统。此类系统,必须在多处安装传感器,虽然可以监测更多样的室内活动,但是也面临初期部署安装的困难,以及之后维护设备的成本等问题,使得一般家庭难以承受。

所以,近期研究渐渐趋向利用室内现有的基础设施,搭配少量、易用且便宜的传感器,即可观测家中日常生活行为。相关的研究包括:监测用水量^[7]、天然气用量^[8]、用电行为^[9],和家中成员移动行为^[10]等不同系统。

目前简便感测科技的发展,多以观察家中各项日常活动为主。除了之前提到用水行为的感测,还包括美国华盛顿大学所研发的GasSense^[8]系统,用以监测日常天然气用量。此系统利用一个麦克风,紧贴于天然气节流阀的释压孔(Relief vent)旁,利用节流阀内流动气体的压力与所产生声音成正比的关系,

即可根据单位时间内天然气用量(正比于发出声响的频率)的不同及其使用时间,来监测正在使用天然气的炉子及其燃气用量。

帕特尔等人提出监测电器使用行为的系统^[9],电器在开启、使用和关闭时,电磁耦合效应产生噪声,此系统能利用其噪声在时间和频谱特性上的差异,分辨某一电器的使用情况。

另外,帕特尔等人也观察到,室内空调的通风管道会因为不同房门开关,而造成室内空气流通改变,进而影响空调孔道中的压力差。所以他们在空调管道中安放一个压力传感器,用以监测家中成员的移动行为(例如:经过某个房门或是开关某个房门)^[10],借助监测压力差的大小,辨认哪一个房门被打开或关闭,同时也可以监测同一人出入不同房门的运动线路与情形。

此类研究十分依赖于室内原有设施,借助感测现象差异,来做行为推论的依据。因此,不同的房屋设计(包含:房屋的大小、管线设计差异,或是供电系统规格差异等),将使此类系统准确度下降,或装设的复杂度提升。此外,只感测单一接点的变化,限制了其用于监测复杂和多元化行为。当需要侦测的行为数量增加时,系统就要搜集足够且有差异性的感测数据,其推论算法才能符合对应情形。若再加上不同对象的行为所产生的监测信号迭加效应,可能会严重影响系统的监测准确度。

所以,此类研究的应用范围,限制在一般小家庭内。若要推广到其他环境,则需要详细研究可能的环境差异,并考虑搭配其他更有效的机制,以监测更复杂、更多元化的日常行为。

未来

参与传感科技

参与传感科技的研究内容,是利用人们日常使用的且具有某些传感器的消费性电子产品(如智能手机),源源不断地搜集感测资料,用以研究个人、社会群体所关注的问题,或都市环境中群体行为表现。如此,则无须研究人员随时监测,而是利

用参与的对象使用他们自身携带的装置,汇集和上传的行为感测资料。

随着科技进步,使用智能手机的人越来越多,且每个智能手机都备有多种传感器,如:WiFi、加速度传感器、相机及数字罗盘等。搭配现在主流手机网络商店平台(如iPhone AppStore 或 Android Market),以及日渐完备的WiFi无线网络、电信网络链接,使目前一般大众能轻易利用随身装置,通过网络下载不同的程序,记录他们周围的环境或是平日的行为,分享他们的行为感测数据。这是有别于传统无线传感器网络方式(需要大量部署传感器来搜集人的行为资料)的新概念。参与传感科技以日渐成长的智能手机为基础,快速渗透到大众生活中,不需要高成本部署感测装置,也无须时常留意装置的状态(例如剩余电量、数据隐私等问题),所以能够以快速、便宜、更有智能的方式搜集大量且有代表性的行为监测数据。

举一个应用的实例:美国加州大学伯克利分校所主导的Mobile Millenium项目,发给165个学生每人一部智能手机,以接收GPS信号,并装备有100台车辆,分别于不同时间行驶在高速公路上,行驶的过程中也同时搜集GPS信号。利用这些参与者(占总车流量的2%~5%)所搜集的GPS信号,就足以实时监测高速公路目前各处的行车状况。

这个实例表明,参与传感科技的目的是在不需大量部署传感器的前提下,能借助于一般民众所拥有的智能手机,搜集具有代表性的感测资料,来推断所关注的问题或社会行为表现。

在普适计算领域中,要有效搜集和分析使用者各种行为感测数据,就必须搜集大量且实时的(in-situ)信息。以往的研究偏向于探讨如何让使用者在日常的行为过程中,在适当时刻搜集当时的行为感测资料。此类研究应用传统心理学及人机界面的研究方式,使人们可在使用普适计算科技的同时,自然地记录他们的感测数据,或通过一些简单问题,询问他们当时的情境^[11],以评估人们的表现。但是,此类研究只募集少量的受测者,且通常需要使用通过网页下载及安装程序,或是直接发给他们

专门的实验装置,才能开始资料搜集行为,因此有其局限性。

所以,有别于以往利用定制化装置来记录用户日常行为数据的方式,参与传感科技更容易普及,每一个拥有智能手机的使用者均能参与,普适计算便能融入广大民众的日常生活中。

现在,利用此构想搜集日常生活感测资料的研究应用包括:研究个人行为模式或某一社会群体所关注的问题,或是都市环境群体行为表现。例如美国加州大学洛杉矶分校的Biketastic^[13]、PICK^[14]及PIER^[15]系统,及微软亚洲研究院的GeoLife^[16]系统,还有中国台湾大学的ConvenienceProbe^[12]系统。这些研究都是利用智能手机或GPS记录器,监测环境污染、交通动态或是记录消费者购物行为路线,搜集资料后加以整理并呈现结果,让个人或社会群体中其他成员能利用这些信息。

研究社会群体所关注的问题的实例如: Biketastic利用手机上的GPS来侦测骑自行车的轨迹、骑乘速度,再利用加速度传感器感知路面颠簸的程度,用手机麦克风来监测背景音量,以了解邻近路面的车流量,最后将所有信息统一整理并在网站上呈现,供其他骑乘者能够更容易了解各道路的状况。

针对环保议题的实例如: PICK派发手机给校园内的学生,让他们对资源回收桶、自行车架或是花类植物拍照,再上传到服务器。通过大家搜集的照片,监测校内环保的成效。此系统更进一步提出算法,选择有意愿的学生,让他们的移动范围尽量涵盖整个校园。同时,此系统也借助分析搜集来的资料,以评估上传资料的好坏。

对整体环境群体行为模式的研究实例如: GeoLife借助搜集GPS导航器的信号,以记录众多人生活移动的轨迹。从这些移动的轨迹数据挖掘出频繁的活动模式,并根据所挖掘出的知识,进一步为喜好相近的用户做出适合的景点或旅游行程推荐。另外,PIER借助智能手机的GPS接收器,搜集GPS信号,记录其位置,并以加速度传感器的信号来侦测目前的交通模式(例如:走路或是坐车)。最后,依照交通模式及行车时间,推算使用者所排放的二

氧化碳量，同时也提供网页操作界面，让用户了解本身车辆的排放量，或与朋友的信息相互比较。

然而，这些研究大多是在小规模，或是偏向某一社会群体（例如学生）招募参与者，不具有代表性，且研究问题多半相似，例如研究交通或环保相关的问题。所以台湾大学提出ConvenienceProbe系统，期望能将参与感测科技带入消费者购物行为路线研究流程中。有别于传统人工记录或以数学模型估计商圈腹地大小的研究方法，ConvenienceProbe募集目标商圈附近的一般民众，用智能手机或GPS记录器，收集真实且有代表性的消费者购物行为路线，让零售业者(例如台湾的便利商店业者)能快速且有效地了解目标商圈特性。在新设店面位置的选定阶段，提供更方便的评估研究方式。

另外，在近期的研究当中，有人探讨：以不同的奖励吸引更多人参与，或是促使参与者搜集更多的资料^[17]，但是此研究只需参与者拍摄照片，以监测校内环保的成效；参与者也会因为每个拍摄动作的时间短暂，而倾向增加拍摄的次数，以争取更多奖励。

所以，根据这些现有研究的优缺点，未来在此方面的研究会向更有效的招募平台、搜集数据的验证机制，以及保护资料的隐私等方向发展，如：

(1) 招募参与者时，将利用更多元化、更容易使用的商品感测装置（如：GPS记录器），以增加使用者参与实验的可能性。再搭配更多样的奖励方式，来吸引不同群体的参与，增加数据搜集的代表性。

(2) 研究一套通用且有效的方式，有效验证上传数据的正确性。

(3) 开发一个更具弹性的平台，适用于更多元化的应用，同时提供更可靠的隐私保护，这样才能让民众更有意愿参与，使研究者能充分利用此平台的普适性，来了解不同的问题或是群体行为表现。

普适计算工具

许多传统普适计算的研究着重于如何由设计者设计出一套适合用户的操作系统，通过不断的“迭代”设计（iterative design），重复设计、验证的过程，最终目的是使人们易于使用（Usability）。然而，

每当使用者产生新的需求时，设计者便必须针对该需求重新设计，这样的过程不但费时，而且无法重复利用（Reusability），造成浪费。

正如俗谚所说：“授人以鱼，不如授人以渔”。目前有一种新的思维，是给使用者一种容易操作的工具，而设计、验证的过程可以由使用者根据自身需求，自行操作。通过一种简单易用的操作界面，让用户能够自行设计所需的系统，这就是所谓的普适计算工具（Ubicomp Tools）。

换句话说，普适计算工具就是将原本必须由程序员进行的复杂逻辑工作，通过简单的操作界面，让一般用户也能轻易地完成。为此，普适计算工具应具有以下性质：

(1) 简单的操作界面（Simple UI）；

(2) 只留下使用者所需的信息（Give them the information they need only）；

(3) 以实例来设计（Programming by demonstration/example）。

由美国斯坦福大学研发的Exampler^[18]，是一个通过实时信息及简单的操作界面，帮助用户快速开发系统雏形的工具。以常用的感测组件来说，若要开发一套以加速度计为基础的系统，用户必须先了解他所使用的加速度计的性质，经过反复实验，测量其读数与所要测量行为的关系，实际执行消除噪声，并使用机器学习，以达到所需效果。Exampler提供实时监测数据的画面，让用户可以立即看到数据，并且只需用鼠标拖拉想要机器学习的部分数据，便可实时抓取相似的数据。

即使通过普适计算工具，使用者进行设计时，仍须经过设计、验证的循环步骤。埃文·韦尔伯恩（Evan Welbourne）等人^[19]制作了一套工具Panoramic，将位置信息转为触发事件，让使用者能轻易辨别并验证。该工具提供了一种很方便的验证方式，还能告知使用者可能出错的地方，使用者可以通过反复的演练，验证新系统的准确。

然而上述两项计划的主要对象仍然是系统的设计者或开发者，对于一般用户来说，界面显示仍然太过复杂，而且仍需有程序设计的背景，才能操作。要

降低这些入门障碍,除了提供更简洁、更人性化的用户界面外,适当使用Programming by Example(借助实例编程)的方法,可提供更大的可用性。

亥尔伯特(Halbert)^[20]等人提出Programming by Example的概念,相较于传统的程序设计,它是利用真实的物体、影像,使一般用户能够轻松地设计自身所需系统。这一方法至今已发展出许多商业化的系统,如美国麻省理工学院媒体实验室(MIT Media Lab)所开发的Topobo,孩子可用实际操作的方式,组合玩具并记忆之前的动作,孩子能进一步从中学习物理原理与逻辑概念。美国乐高公司的Mindstorms NXT在学术界也获得广泛关注,各种不同的感测组件与直流马达,配合图形化的操作界面,让小型机器人的实际制作变得更为容易。

要做出简单易用的普适计算工具绝非易事。其中包含数据分析、机器学习、人工智能、用户界面设计等多种信息领域技术的整合。但随着信息科技的发展,手机、计算机等设备随手可得,一般大众对于数字化生活的依赖度越来越高。我们相信,提供简单易用的工具,使任何人都可以轻易设计出自身需要的系统,这是未来的必然趋势。

结语

普适计算有个宏伟的目标——如何使计算机科技自然而然地融入人们日常生活当中。过去已使用过诸多不同的技术和方法,但进展大多有限。要科技自然融入人们日常生活,此目标确实非常具有挑战性,若冀望有大幅进步,不能只依赖科技的进步与发展,还须仰赖“设计”以及更多人性的考虑。在未来,我们十分期待有更多勇敢、有梦想的研究人员,加入这个有趣的领域。■



游创文

台湾“中央研究院资讯科技创新研究中心”博士后研究员。主要研究方向为参与感测科技、定位系统及服务和普适计算等。cwyou@citi.sinica.edu.tw



沈而立

毕业于台湾大学电机工程学系。主要研究方向为用户接口设计、劝导科技及普适计算。

earlyshen@gmail.com



张诗平

美国卡内基梅隆大学人机互动研究中心博士生。主要研究方向为用户接口设计、普适计算及劝导科技。

kerrychang@cs.cmu.edu



陈予涵

台湾大学资讯工程学系助教。主要研究领域为普适计算、无线感测网络、轨迹数据挖掘。

yuhan@csie.ntu.edu.tw



朱浩华

台湾大学资讯工程学系教授。主要研究方向为普适计算。

hchu@csie.ntu.edu.tw

参考文献

- [1] Weiser, M. The Computer for the 21st Century, Scientific American, February, 1991
- [2] Erickson, T. (2002). Some Problems with the Notion of Context-aware Computing. Communications of the ACM 45 (2): 102~104
- [3] Chiu, M.-C., Chang, S.-P., Chang, Y.-C., Chu, H.-H., Chen, C. C.-H., Hsiao, F.-H., Ko, J.-C. Playful Bottle: a Mobile Social Persuasion System to Motivate Healthy Water Intake. In Proceedings of ACM Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2009), ACM Press, 185~194
- [4] Lin, J., Mamykina, L., Lindtner, S., Delajoux, G., and Strub, H. Fish'n'Steps: Encouraging Physical Activity with an Interactive Computer Game. In Proceedings of ACM Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp 2006), Springer, 261~278

更多参考文献请访问: www.ccf.org.cn的“中国计算机学会通讯”栏目