

普及计算及其应用模型

伍卫国 刘隆国 钱德沛 董小社

(西安交通大学计算机科学与技术系 西安 710049)

Ubiquitous Computing and its Application Models

WU Wei-Guo LIU Long-Guo QIAN De-Pei DONG Xiao-She

(Department of Computer Science and Technology, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049)

Abstract Ubiquitous computing intends to embed the entire computer system into people's daily life. It does not enforce users to have sophisticated knowledge about computers. Instead, the ubiquitous computing system provides a highly adaptive application environment by coordination of individual computing equipment. After a discussion on basic concepts of ubiquitous computing as well as basic man-machine interactions, this paper proposes some basic ubiquitous computing models including the user-centric computing model and the service-centric computing model. Extensive discussion on advantages and disadvantages of these models are also given.

Keywords Ubiquitous computing, User-centric computing, Service-centric computing

1. 普及计算的基本概念

1. 什么是普及计算?

我们当前所处的时代是计算机技术仍然复杂到让大部分人们难以学习的地步的时代。虽然目前计算机已经进入了许多人的家庭,但是真正能够发挥计算机全部能力的用户是很少的。计算机业界有许多的技术和专有名词,而且它们还随着时间的流逝不断发展变化。再者,过去所有的传统思路都是以计算机为中心,当计算机系统发生变化时,人们的思想也必须要进行相应的变化才能够跟上技术的发展。但作为用户,计算机应该只能是一种工具,人们没有必要不断转换思路和使用习惯以适应计算机技术的发展变化。

过去这种问题虽然存在,但是由于技术上的局限性,人们并没有办法从根本上改变它,甚至人们也没有从根本上认识到问题的存在。这当然主要是因为计算机技术还不够成熟。但是随着计算机技术的发展和因特网的普及,转变思想的时机已经来临了,而且这种转变也是一种必然的趋势。普及(泛化)计算(Ubiquitous Computing、Pervasive Computing or Invisible Computing)就是这种思想转变的一种。普及计算作为移动计算的一个分支,是由施乐公司的 Palo Alto 研究中心的首席专家 Mark Weiser 提出的^[7]。它的核心思想是:计算设备只是一种能够为人们提供高质量生活的工具。任何智能设备都应该在一定程度上对它“主人”的需求有所了解,而大量异种计算设备的集合正是实现这种“了解”的关键。因而在将来,人们的生活环境中会存在许多计算机或者计算设备,这些称为信息设备(Information Appliance^[1])不仅在外形上变化多端,连功能也有很多不同^[2]。而且人们并不需要知道其中的很大一部分的存在。在这种环境下,用户不需要去改变他们的生活方式和使用习惯来适应社会和技术的发展;相反,环境应该有足够的“聪明”来适应这种改变,满足人们的需要。在办公环境中,普及计算环境将能够利用和集成旧有系统以及将来的计算环境。换句话说,也就是普及计算应该能够或者学习同任何分布式和异构系统进行通信,特别是能够集成现有的用户系统(因为如果要保持用户的行为方式不发生变化,方便用户使用的话,首先也许就是不改变用户现有系统的界面)。普及

计算系统的主要作用方式:

- 能记录用户的每一次操作以及操作的上下文(context)环境;
- 通过对过去记录信息的分析能推导出用户的行为方式;
- 能判断用户以及设备自身当前所处的上下文(context)环境;
- 能预测用户的需求并执行相应的预操作。

2. 普及计算的安全性

普及计算是一种大范围的计算环境,这个系统几乎记录了个人的所有信息。但是由于其中一部分是非常关键的个人信息,生活在这种环境下经常会使人感到自己没有隐私,因而问题是如何实现“用户拥有信息”这个目标。

解决方案是建立一种用户能够很容易理解的简单的安全模型。通过使用这种模型,用户应该能够决定他希望看到别人什么类型的信息,同时也能够决定自己的什么信息能够被其他人所访问。另外一个关键问题是用户对于拥有的信息具有决定权限,这意味着用户可以携带全部的个人信(存储于便携设备的物理存储介质中)。这实际上是安全性与易用性的一种权衡,而且这种权衡的结果在不同应用条件下的倾向性也有所不同。在社会角度,防止个人信息泄漏不仅仅是一个技术问题,还牵涉到社会道德。相关法律的制定是一个必需的、但又无法完全由技术来决定的问题。由于实际中并没有普及计算的成型系统以及成熟的安全模型,因此安全问题需要根据用户系统的具体设计以及实现方式来决定。

3. 普及计算的特征

从目前看来,普及计算主要有如下特征:1)上下文敏感;旧有信息的查询与定位;2)决策支持(用户行为方式分析以及用户行为预测与准备);3)多种通信方式支持(具有同异构系统通信的能力)。4)灵活性(用户可以设定界面类型,隐私类型等工作模型)。

4. 用户同普及计算环境的沟通

人类现在已经有许多同现实世界进行沟通的途径,如语言、文字、手势以及动作等。普及计算的目的是实现并强化这些途径,同时还能根据需要产生一些新的途径。

伍卫国 副教授,博士研究生,研究方向为计算机应用、计算机网络等。刘隆国 硕士,研究方向为分布式系统、计算机网络等。钱德沛 教授,博士生导师,研究方向为高性能计算、计算机网络等。董小社 博士,副教授,研究方向为高性能计算。

以现有的语音输入途径为例,由于现实中对于这类应用的局限性——每个人在发音上存在的差异,在使用之前用户必须要对软件进行训练,无法实现通用效果。而个人随身使用的 PDA(Personal Digital Assistant)或者 PIM(Personal Information Manager)之类设备已经非常适应于“主人”的语音,同时还能够访问所有的上下文,能够最大程度地理解用户的语言内容。通过它们进行“翻译”可能是一种最好的解决方案。这种设备还可以同环境中的其他设备进行交流,传递主人的命令。再者,这种方式也可以防止个人设备被其他人非法使用。本文随后还会就沟通途径问题进行进一步的讨论。

5. 上下文的概念及其应用

上下文^[5]在本文中指用户所处的环境,它包括过去的活动记录、当前的状态以及未来可能会发生的事件的预期。它是各种设备能够了解用户需求的关键。而且在大多数情况下,上下文还将包括用户周围其他人的信息。

假设一个用户希望查找一个文件,而他又只记得曾经和某人一起阅读过该文件,那么这种上下文信息就非常关键。根据上下文,设备可以获取能够帮助用户完成所需任务的所有信息。而且设备还可以找到最适合于用户接受的输出方式(如果用户正在开车的话,那么通过“显示”输出结果就不是一种很好的方法,而利用车上的音频系统进行输出则相对是较好的选择)。这里的输出方式不仅仅是当前的系统选择结果,也将作为今后的上下文存在。

6. 灵活性

对于普及计算环境这样的复杂系统,灵活性无疑是非常重要的。普及计算可以在多个层次帮助实现系统的灵活性:

- 系统体系结构层次:系统应该具有不同的部件(component)组织方式,而且不同部件之间的相互作用方式也不一定是唯一的。也就是说,系统各个部件能够根据实际情况(自身能力以及外部环境)选择最佳的交互途径。

- 设备体系结构层次:系统中的每一个设备应该具有足够的灵活性以适应不同的情况,同时,在必要的情况下,设备还需要根据用户的要求进行功能扩展。最适合的体系结构无疑是框架式的体系结构。在这种体系结构之下,系统的每一个部分都具有明确的责任,同时也最容易实现即插即用的软件、硬件体系结构。

- 设备行为方式层次:由于设备特别是移动设备所面对的情况可能非常复杂,因此设备内部必须有明确的部分(实际上是一组策略 Policy)用来指导设备在面对某种情况时所应采取的活动。从某些方面来说,策略和人类自身的行为方式是相同的。

7. 普及计算与虚拟现实的区别

由于普及计算的核心思想是向用户提供一种具有高度易用性的环境以帮助用户实现更加舒适的生活,而虚拟现实的目标却是在计算机系统内部建立一个虚拟的世界以增进人们的体验,所以从基本目标上它们就有很大的不同。更进一步,两者之间还具有以下不同点。

- 普及计算的关键思想是以用户为中心的计算。但是虚拟现实系统提供的却是以计算机系统为中心的计算环境,用户在环境中的作用主要是体验;

- 普及计算的主要目标是强化现有的世界,而虚拟现实的目标是模拟现有世界甚至创建现实中并不存在的世界;

- 普及计算的主要对象是现实世界中的所有设备(软、硬件环境),但是虚拟现实的目标却是并不存在的虚拟世界,它只需要利用有限的软硬件设备就可以达到目标。

但是,从另外一个方面来说,虚拟现实可以为普及计算提

供良好的虚拟现实模型,进一步加强服务能力,所以虚拟现实可以为普及计算所用,两者之间并不是对立的关系。

8. 相关研究领域

普及计算需要许多领域的知识来保证它的实现。以下是一些就是其中的一些:

- 移动计算、低功耗计算。
- 高效的界面:用户界面必须简明易懂,用户还可以保留已经习惯的界面风格。
- 人工智能:普及计算预测用户行为的思想在很大程度上需要人工智能知识的支持。
- 信息检索与数据挖掘。

以上是对普及计算思想的一些简单介绍。为了使大家对这种思想有更进一步的了解,后面将介绍几个简单的普及计算原型。

2. 简单的普及计算模型

从系统设计的角度来讲,普及计算模型是一个巨大的应用环境。由于本文的篇幅所限,这里只讨论几个概念性的模型。

1. 基本思想以及模块介绍

图1是普及计算的基本部件结构。由于在普及计算中上下文和通信具有非常重要的作用,因此随后还会对这两部分作进一步的介绍。

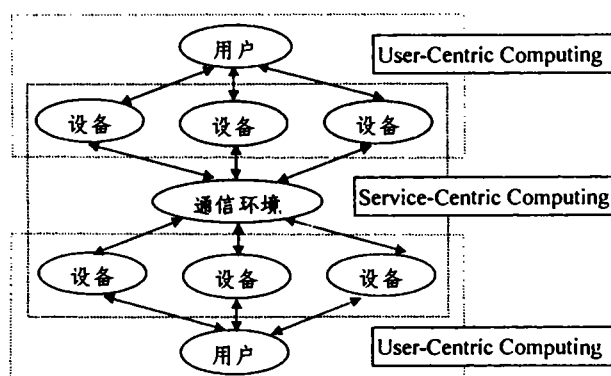


图1 基本的普及计算环境模型

用户(User) 用户是系统的核心,整个系统的目标就是为用户提供高质量的服务。对象化的用户自身具有一定的属性,他们可以通过各种途径同系统和外部环境以及其他用户进行通信。

设备 普及计算设备必须具有前面所讨论的属性。同时,根据实现方式的不同,设备的角色和功能可能也会有所不同。作为用户来说,可能完全不了解设备的存在,而设备则必须具备同其他设备进行协调与信息交换的能力。

通信环境 通信环境的主要任务是实现设备之间的信息交换。而实际中这种信息交换可以通过不同的方式来实现,这不仅可以是普通的线缆,甚至也可以是卫星通信。对于居室移动计算环境来说,红外线通信也是一种主要的途径。部件可以在这些通信方式中自动进行选择。

用户中心计算(User-Centric Computing) 在普及计算环境中,最重要的指导思想就是让用户不必关心系统如何工作,而只需要利用系统所提供的便利条件。用户甚至不知道他所需要的工作是在计算机系统的参与和协调之下完成的。

服务中心计算(Service-Centric Computing) 这种计算模型主要用于实现计算机系统环境。该环境中的每个设备都

能够提供一定的服务,完成一定的任务。但是它又是高度自治的,用户不需要耗费精力去管理这些设备,设备自身应该具有足够的知识去管理自身。现有的成熟分布式系统(如CORBA)一般都采用这种模式。但是考虑到一些嵌入设备的功能单一性,可能还需要建立一些变通模型来弥补自身能力的不足。

2. 用户中心计算模型

如前所述,用户中心计算模型就是所有设备协同工作为用户提供具有高度易用性的模型。为了提供这种环境,下面首先将讨论一下人们同外部世界的交流途径。

(1)人们的交流渠道 为了更进一步地了解普及计算如何促进普及环境与人类的交流,我们首先需要了解人类到底通过何种方式同外部进行交流。当然要完全了解这些途径需要大量的研究工作(包括物理的和社会的两个方面),所以在这里只能进行一些简单介绍。关键点主要如下:

- 用户如何从外部世界获取信息;用户如何向外部世界发送信息。
- 用户的属性如何;上下文环境如何。

这种研究将会对系统同用户的有效交流产生重要的影响。下面是进一步的说明:

①用户接受信息的渠道:每一个普通人都具有从外部世界获取信息的能力,而且这种渠道对每一个正常人来说都是非常熟悉的。但对残疾人来说,在某些方面可能就会受到一定限制,而这些方面也是普及计算环境应该考虑到并加以特别注意的地方。例如:

表1 用户的输入渠道

器官	活动	相应的设备	高级虚拟现实系统
眼	看	视频设备	
耳	听	音频设备	
皮肤	触觉	特殊活动设备(如传呼机的震动功能)、残疾人专用设备	
全身	运动感觉(在一定的上下文中)	—	

②用户发送信息的渠道。例如:

表2 用户的输出渠道

器官	活动	相应的设备	高级虚拟显示系统
嘴	说	语音系统/设备	
手指	击键(活动)	键盘(鼠标)	
身体	活动	活动感知设备	

③用户的属性:用户的属性是另外一个问题。用户的属性表明了他(她)的当前状态。在普及计算环境中,这些信息对于预测用户的下一步操作具有很大的帮助。在通常情况下,我们无法对用户的心理进行测度,用户的属性都是以物理参数形式出现的,但是通过这些参数,系统就可以间接地对心理属性进行推测。例如:

表3 用户的属性

生理属性		社会属性	
静态	动态	静态	动态
年龄	体温	姓名	社会关系
指纹	体重	家庭关系	偶然事件
其他	其他	其他	其他

④上下文:在普及计算环境中,上下文是一个非常重要的

概念。上下文的基本内容如表4所示。

表4 个人上下文信息的简单结构列表

生理因素		社会因素		环境因素
身体	年龄	地位	社会地位	时间
	体温		家庭地位	天气
行为	语言		关系	
	活动	商务关系		地点
思想	理念	家庭关系		相关的人物

从表4中可以看到用户的简单行为方式的信息结构,如果以它为记录结构来建立数据库的话,这将是一个非常详细的个人履历。由于这些信息对于个人来说具有非常重要的作用,而且它也是普及计算所使用的关键信息,因此这一部分信息需要有安全手段的保护与支持。

在进行了用户与外部世界通信方式的讨论之后,现在就可以尝试建立基于用户中心模型的交互计算模型。

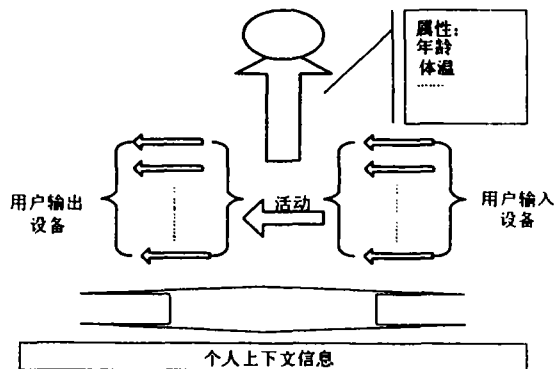


图2 用户-计算机交互模型

在图2中,用户不仅是事件的驱动成分,他的操作以及相应信息同时也作为上下文信息记录在系统中。这一部分信息又会对预测他今后的操作产生影响。这正与人们在日常生活中的思维方式相同。另外,建立良好的环境无疑会加强选择正确渠道同用户进行交互的能力。

3. 服务中心计算模型

以服务为中心的计算主要用于设备/服务之间的信息交互。下面的模型中虽然保留了用户元素,但是在本部分的讨论中,我们主要着眼于一个实体如何同另外的实体进行通信。

(1)基本计算模型1:分布式计算模型

在分布式模型中,所有的设备都占有相同的地位,它们的交互基于协商(negotiation)。也就是说,当一个设备需要访问其他设备来完成某项任务时,它将广播它的请求。而具有该设备所需要服务的设备就会发出应答,在应答中同时提供它的能力以及当前状态。申请服务的设备可以决定应该同哪个设备建立何种联接,以完成协同工作的任务。

图3就是这种模型的基本结构,系统实际工作方式将由该部件的交互策略所决定。图4则是一个简单的用例模型。

上面的用例显示了两种基本情况:用户主动发布命令和设备主动发布命令(如用户离家之前切断电灯电源和用户离家之后系统自动请求切断电灯电源)。

优势:①信息分布存储,从安全角度来讲具有较高的保密性。②高度的服务中心模式,而且它在模式上同现有分布式系统具有很高的一致性。③实现比较方便。每一个部件可以具有自身的交互策略,实现时可以进行分别开发。

劣势:①协商过程,特别是涉及多设备协同的情况,将耗费较多的时间和网络资源。②非常难于确定当前的上下文。③在这种模式下,由于信息分布存储,因而模式比较复杂,不容易建立安全模型。

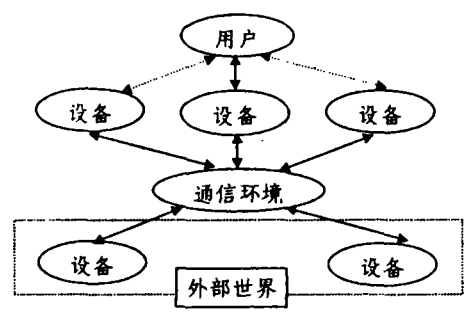


图3 分布式计算模型

所共享;③在实现上技术支持较强。现有的成熟分布式系统都可以帮助实现这种模式。

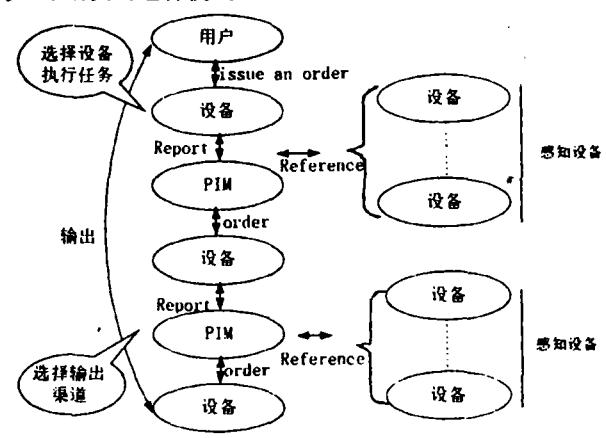


图6 中央管理计算模型简单用例

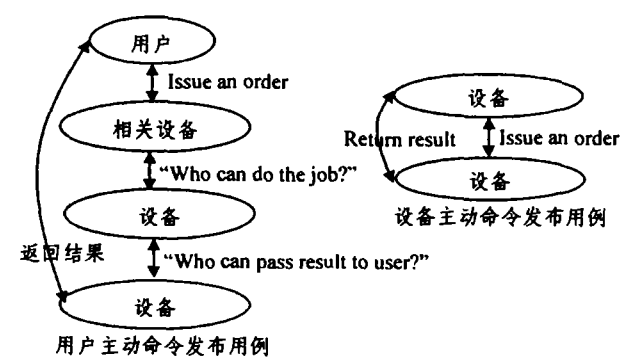


图4 分布式计算模型简单用例

劣势:①中央管理模式很容易出现瓶颈现象。从信息处理角度来讲,PIM 是一个比较明显的瓶颈,特别是当系统负担较重时问题尤其严重;②系统的健壮性与安全性存在一定冲突。如果 PIM 出现问题,那么所损失的信息的价值也许非常巨大。但是如果通过信息复制来加强健壮性,那么在安全方面就需要反复权衡。

4. 混合构型

普及计算环境有不同的典型类型。但是在具体实现的时候还可能使用一些混合构型。由于差异并不在部件的结构,而在于交互策略,因此又可以看到以下两种混合构型。

一种是 PIM 可以变得更“聪明”。它只处理一些复杂的或者与用户有关的问题,而让其他设备进行自我管理以解决一些简单的和日常型的任务,这是一种典型的混合构型。

另一种是部件拥有不同交互策略。当 PIM 存在时,就由 PIM 决定部件的运作方式;如果 PIM 不存在,设备就自己决定它的运作方式。这实际上是一种自适应的混合构型。

结论 普及计算环境作为一种广泛的计算环境为现有计算机/设备的发展提供了一条途径。但是在它真正可以投入实际使用之前还需要很长时间的研究与努力。最先得到应用的可能是大学校园^[6],国外已有许多大学和公司在致力于普及计算的研究。近年来 IBM 公司也很关注普及计算,已配置了研究力量准备迎接普及计算时代的到来。

参考文献

- Want R, Borriello G. Survey on Information Appliances[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2000,20(3):21~23
- Want R, Weiser M, Mynatt B. Activating Everyday Objects[A]. In: Proc. of the 1998 DARPA/NIST Smart Spaces Workshop, Gaithersburg, Maryland, July 30th & 31st 1998. 140~143
- Borriello G, Want R. Embedded Computation Meets the World-Wide-Web[J]. Communications of the ACM, 2000,43(5):59~66
- Want R, Borriello G. Information Appliances[J]. IEEE Computer Graphics and Applications CG&A, 2000,20(3):21~23
- Schilit B, Adams N, Want R. Context-Aware Computing Applications[R]. Workshop on Mobile Computing, Dec 94, Santa Cruz.
- Weiser M. The Future of Ubiquitous Computing on Campus[J]. Communications of the ACM, Jan. 1998,41(1):41~43
- http://www.ubiq.com/weiser/

(2)基本计算模型2:中央管理计算模型

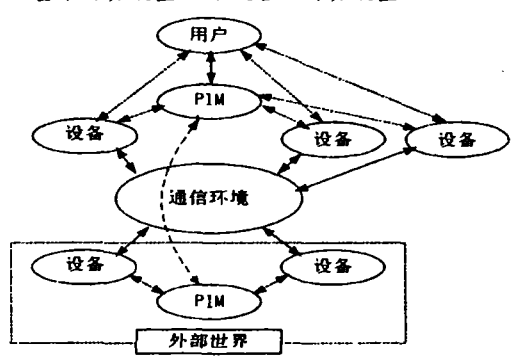


图5 中央管理(Central-Charged)模式计算模型

这是另外一种交互模型。在这种模式中,部件的地位并不完全相同。在系统中有一个特殊的部件 PIM,它将用于管理所有的其他设备和部件。它接受其他设备的有关用户状态以及要求的报告,然后做出决定并将命令发布给可以执行命令的设备。但是如果将 PIM 同一些设备集成,它将具有更加重要的作用。如前面所提到的将 PIM 同语音软件相集成,由它控制语音软件去更好地理解用户的语言,而这种语音命令又可以经 PIM 进一步转化成为其他形式的命令。

PIM 也可以主动发布命令。如前例,当用户离家后,PIM 就可以发布命令切断电灯以及关键电器的电源。实际的中央管理简单用例模型如图 6 所示。

优势:①信息集中方式存储,方便使用;②安全性高,用户可以很容易地保持所有个人信息(因为用户可以随身携带 PIM),而且用户也可以很容易决定哪些信息可以被其他 PIM