

【信息与计算机】

上下文感知:普适计算的灵魂^{*}

查 智

(中国船舶重工集团公司第七一〇研究所,湖北 宜昌 443003)

摘要:介绍了上下文的概念和特性,就上下文感知中的一些技术和当前国际上的研究方向作了较详细的介绍和分析,对上下文感知技术的方向进行了展望,最后对全文作了总结,期望对上下文未来的发展有更深洞悉。

关键词:普适计算;上下文感知;上下文分类;上下文获取;上下文建模;中间件;隐私控制

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1006-0707(2010)04-0102-05

普适计算^[1]的思想最早是1991年Mark weiser在Scientific American的“The computer for the 21st Century”中提出的,设想人类置身于一个充满连接设备和廉价无线网络的世界,甚至可以不需要携带任何设备,因为所有设备可以在任何地方随时获得。同时,计算机对普通用户而言是完全透明的,就是说计算机技术已经完全融入人们周围的物理环境中,融入到了人们的日常生活中,以致人们根本不会注意到它的存在。普适计算的目的就是向用户提供一种具有高度易用性的环境,以帮助人们过一种更加舒适的生活。

从普适计算系统的自身来讲,它主要的作用方式有:能记录用户的每一次操作及操作的上下文环境;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环境;能预测用户的需求并执行相应的预操作。显而易见,物理环境要为人类提供服务,必须捕获上下文环境,然后才能根据用户的历史行为以及当前所处的环境,推断出用户可能的各种需要,以便为用户提供适时的帮助。上下文感知就是感知上下文环境,是普适环境的一个重要环节。实际上,上下文感知计算描述了一个场景,在这个场景中,计算设备知道它自己当前的上下文,并且照此执行。

1 上下文感知(Context-aware)

在普适计算环境中,人会连续不断地与不同的计算设备进行隐性的交互。在这个交互过程中,计算系统实际上是根据与用户任务相关的上下文信息来向用户提供服务的。所以,上下文感知是实现普适计算环境中新型人机交互的基础。目前,上下文感知已经成为普适计算研究的一个热点。

1.1 对上下文概念的理解

上下文(Context)是一个内涵不断演化的概念,随着技

术的发展和社会生活的改变,在不同阶段研究人员可能对上下文信息有不同的理解,到目前为止,并没有一个确定的定义。上下文感知计算(Context-aware Computing)的概念最早由Shilit和Theimer^[2]提出,他们将上下文归纳为:使用位置以及周围人和物的集合和这些物体的变化情况。此后,研究人员也提出了一些类似的概念^[3-4],但由于上下文概念的理解和解释仍然依赖于研究者的研究领域,这就使得很难用精确的数学方式对其进行描述。

在普适计算环境中,计算系统不可能也没有必要利用所有与用户任务相关的上下文信息。Gregory D. Abowd和Elizabeth D. Mynatt就将“5Ws-who, What, Where, When, Why”作为在普适计算环境中必需的上下文信息的最小集合^[5],下面对5Ws进行介绍:

Who:谁,即参与当前系统交互的特定用户的身份。

What:干什么,即当前系统的交互必须去感知用户正在干什么。

Where:位置,是上下文被探究得最多的部分。位置再结合上下文中别的内容,就会变得非常有意义。例如和“When”结合,一些旅游向导系统把物理世界里移动历史理论化,也许可以由用户根据已经察觉的兴趣路径裁减要被显示出来的信息,更便于提供个性化服务。

When:时间,除了可以作为索引来捕获信息外,还可以计算一个人在某个特定地点呆了多久等。

Why:为什么,这个人为什么而做(即“”的原因所在)。

这个最小集合主要描述了与用户有关的上下文信息,其内容必须进行融合即上下文融合,才能比较准确地推导出用户的行为方式,有效地为人们提供服务。然而它并没有将用户周围的计算环境纳入到上下文信息的集合中,这也是他的不足之处。

1.2 上下文的分类

可以根据2个方面把上下文信息进行分类,第1个方面是根据应用领域,第2个方面是根据人的不同观点和看

* 收稿日期:2010-01-10

作者简介:查智(1981—),男,工程师,主要从事水下机器人智能控制、嵌入式系统与普适计算、分布式人工智能、移动自组织网方面的研究。

法。Schilit 将上下文分类为用户上下文、计算上下文和物理上下文^[6],其中用户上下文包括用户的外型、用户的位置、用户的状态;计算上下文包括网络连接、连接耗费、交互的带宽;物理上下文包括光线的强度、噪音的分贝值。徐光佑等在文献^[7]中将上下文信息的内涵进一步扩展,主要包括计算的上下文、用户的上下文、物理的上下文和上下文的历史。

后来,Schilit,Theimer 和 Welch^[8]在移动应用方面,提出了 4 种类型的上下文,分别为位置、身份、时间和活动。他们认为许多其他种类的上下文能从这种上下文集合里推导出来。例如,用户的身份能帮助决定用户的权限、E-mail 地址和他与当前环境里其他人的关系;用户位置也能用来推导环境里面的其他人和对象,还有周围发生的一些活动。

但到目前为止,对上下文的分类并没有一个统一的标准。在不同的应用领域中对上下文有不同的分类方法,强调了某些因素,有可能就忽略了另外一些因素。这种状况只能通过应用发展、用户反馈和管理者的观察进行改进。

1.3 上下文信息的获取

根据上下文的应用领域不同,使用了不同的方法来获得上下文。通过一些文献提供的内容,大致有 3 种方法来获取上下文信息:传感类上下文,派生出的上下文(根据信息记录和用户设定),明确提供的上下文^[9]。

在普适计算环境中,上下文信息的获取主要是通过各式各样的传感器,获得包括气味、温度、重力和加速度、地理位置、人体姿势、磁场、电场、声音和图像等信息。虽然传感器已经在机器人和工业中得到了广泛应用,但相对于在机器人和工业中的应用,普适计算系统中传感器更多地用于监测更为灵活和非结构化的信息,在这种环境里面,上下文信息是动态的,并且这些变化需要通过传感器设施进行捕获。另外,上下文来自于一些异构设备和分布式资源,并且这些传感设备的传感技术都局限在具体的应用领域中,这就给在普适计算环境中应用传感器获取上下文信息提出了新的挑战^[9]。

1.4 上下文信息的表示

普适计算环境中,存在着数量巨大的异构计算设备,它们不断地获取计算环境中上下文信息,但是对于每一个设备来讲这些信息都只是局部的和不全面的。只有当这些信息在计算设备之间得到了充分的交流时,才能将用户所处的计算状态呈现出来。所以,如何将这些数据用统一的数据结构进行表示,让这些数据可以在系统中不同设备和程序之间进行传递和交流也是普适计算研究的一个重要问题。同时,良好的上下文信息表示将能够降低上层应用程序与底层上下文信息的耦合性,并能方便应用程序的开发,这是上下文信息表示中应该注意的问题。

1.5 上下文信息的融合

对于系统上层应用来说,底层获取的上下文信息还只是一堆毫无意义的信息。普适计算系统中,上下文信息实际上通过相关的上下文服务得到,这些上下文信息可能存在着重复,甚至存在相互冲突的内容;同时由于传感器本身可能会出现误差或者错误,所以,计算系统必须对上下

文信息进行汇集、处理和融合。另一方面,从系统获取的上下文信息,大部分仅仅反映了用户物理、生理或者其他低层次的计算状态,如果要实现真正“透明”和“自发”的计算,那么计算系统还要在信息融合的基础上进行判断和推导,来发现用户的需求。

2 上下文感知技术方向

2.1 提供上下文信息

上下文应用的第 1 步就是要为应用提供上下文信息,这是一个非常重要的过程。普适计算需要不断地从各种资源和设备获取各种上下文信息,这是为用户提供与环境相适应的行为的基础。如果提供上下文的方法不当,就会提供很多无用信息,从而不能导出用户需要的行为或功能。Glenn Judd 和 Peter Steenkiste 提出了一种叫“上下文信息服务”的 CIS 模型^[10],这种模型是通过一个虚拟数据库来提供上下文信息的,它以一种强大的机制获取上下文信息通过接口提供给应用,还提供一种与用户环境匹配的前摄应用,这正是普适计算所需要的。CIS 模型的结构如图 1 所示。

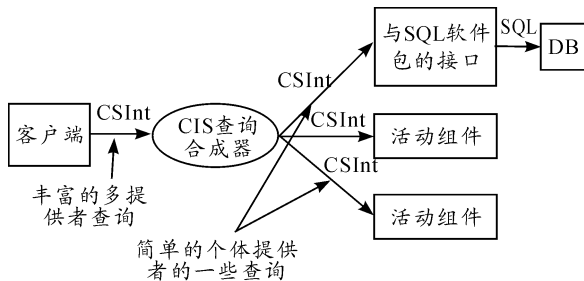


图 1 上下文信息提供者 CIS 结构

图 1 中显示了 CIS 用数据库 DB 对上下文信息供应端 (contextual information providers) 提供的信息进行提取。客户端使用上下文的接口 (contextual service interface, CSInt) 发布查询,这些查询被查询合成器分解后,一些低级查询就移交给个体上下文信息供应端,结果被合成再返回给客户应用端。

这种结构能够使客户把注意力集中在他们想要的信息方面,减少对上下文信息使用什么方式返回的关注。即使是瘦客户端也能发布丰富的查询,而不需要像现存的某些查询技术要耗费大量的交互和计算代价。CIS 所以能实现这个目标是因为考虑到了什么才是真正的高效执行,所以能使上下文信息供应端在不丧失基本功能的基础上进行高效的功能执行。比如说,对于静态数据提供者,通过一种叫 CSInt-SQL 的接口使用数据库进行直接的执行,而不需要任何译码。对于动态信息的提供者,数据库可能没有适当的类似执行方法。尽管如此,使用一种类似数据库的接口,CIS 提供与这些动态数据供应端一致的接口,同样能处理好动态数据。为了增加效率,CIS 在每个场所(包括合成器、客户端、上下文信息供应端)都支持高速缓存来存取信息。而在传统的模型下,从一些信息供应端来的合成信息需要通过多重不兼容的接口分别与每个信息供应端

进行交互,如图2所示。应用还必须包括对这些接口的支持,并且要知道怎样合成这些返回的信息。而在 CIS 模型下,通过单一的查询,应用就能从一些资源里合成上下文信息,并且不会因为查询的分解和合成而耗费大量的资源。

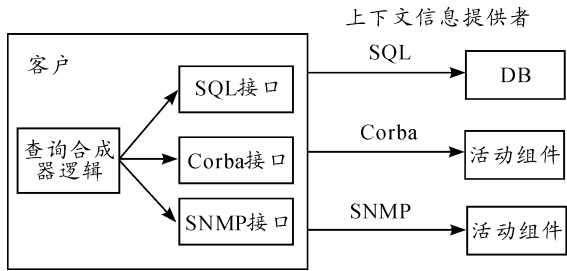


图2 传统的信息供应端与应用的交互方式

2.2 上下文的建模

作为上下文感知系统的基础,要正确地利用上下文信息,必须对获得的上下文信息进行建模。上下文信息模型反映了设计者对上下文的理解,决定了使用什么方法把物理世界里面的一些无意义和无规律的数据转化成计算世界里的逻辑结构语言,为实现上下文的正确运行打下基础。

模型的基本元素是一些描述物理和逻辑实体的对象和对象之间的关系。对于上下文建模来说,由于普适计算环境的特殊性,还存在一些更深层的问题。上下文是一种特别类型的信息,在建模的时候必须考虑上下文的一些特性,这些特性就是暂时性、不确定性、并行性(不同事件同时发生)、从属性(不同来源数据的关系)。

通过对上下文模型的研究,发现很多都是针对一些特定的区域,但在普适环境中,由于设备的异构性和物理范围的广泛性,必须对上下文进行共享,互相协作作为应用提供一种可理解的上下文。在目前的一些上下文建模的研究项目中,有些用的分层的模型,有些用的是面向对象的模型,还有的是采用上下文工具箱的模型。

比如说,Schmidt 等提出的动态环境模型就是一种分层模型,他们把系统里面的实体用 DE 对象和一些属性进行表示,一个环境是由一组 DE 对象进行描述,并且用 DE 服务器来管理这些对象。

Karen Henricksen 等提出了一种面向对象的模型,这个模型中上下文由一组实体进行构造,每个实体都描述一个物理的或概念的对象,实体是由一些属性进行表示的。一个实体和它的属性连在一起,它和其他的实体是由单箭头连接表示联合关系,这个模型考虑了信息的一致性、性质和从属性。

当然还有很多其他的一些模型,但这些模型要么是注重考虑暂时性,要么是注重信息的从属性方面,而忽略了其他的一些特征,总的来说,这些模型对普通人来说是不自然的,也是不容易理解的。图3是 Sun Jie, Wu ZhaoHui 提出的一种可理解的上下文模型^[11]。这个模型是由3个层组成:传感层,原子层和上下文层。每个层都使用不同水平的特殊数据。

传感层:使用置信值来表示一些具有不确定特征的上

下文信息,置信值在预先已经指定给了不同类型的传感器。

原子层:每个传感器都与对应的上下文原子进行对应,但是反过来是不行的,也就是说单向有用的。这里使用谓词逻辑来实现 AND,OR 和 NOT 的功能,以便建立一些复杂的事实。

上下文位置:一个上下文位置表示一个触发点。触发表示相应服务的执行,邀请服务的顺序是根据列表上的安排的顺序进行。但有时候有一些矛盾的位置需要调整相应的服务。

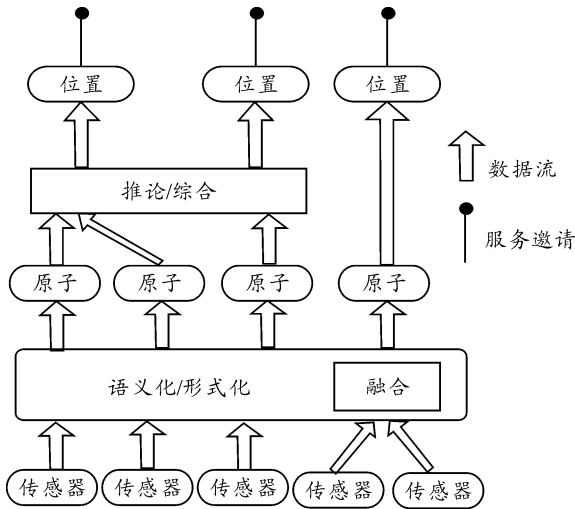


图3 可理解的上下文模型

这个模型最大的特点是提出了原子的概念。原子概念的最大特点是支持大规模应用的共享和扩展。原子是一种语义项,一个原子层中原子的数据可以来自一个或多个传感器,但它与传感器是独立的,因此它能直接被应用。在多重空间的情况下,只要共享知识库是共享的,原子能够像 ONTOLOGY(一种上下文共享模型)那样实现信息的共享。如果把原子的知识库进行联合,就可以获得巨大的知识库,从这个意义上来说它满足下一代上下文模型的要求,因此这种模型意义巨大。

2.3 上下文中间件提供应用服务

在传统的计算环境下,中间件并不提供技术透明性,并且周围的环境也不是他的最终目标。对于普适计算来说这是不适应的。普适计算中,考虑周围环境的提高最终结果有效性的一个重要方面。一些已经出现的普适计算应用已经显示出了适度的技术透明性是大家所期望的特性,因为这种透明性能够减少应用程序的复杂性,并且能在不同的情况下对系统资源的使用进行优化。

普适计算的中间件还应该具有以下特性:统一的支持,也就是说上下文感知系统不应该使开发者局限在某个开发语言,操作系统或是特定的环境中;提供特定上下文应用的查询、分析和检测,也就是说为应用提供统一、独立的平台接口,来表达上下文信息,而不需要知道这些数据是谁提供的;上下文触发作用,普适计算中,环境是动态变化的,当环境变化时,应用软件要交换新的信息,或者要通知用户以便适应新环境,这就要求中间件具有触发功能

来达到这种透明;对一些短距离,暂时建立的动态网络提供透明的支持,因为在普适计算中,随着环境的变换,不断构成一些新的暂时性网络,不断有一些新的设备加入网络,这些突发性事先并不知道,对于这种网络,应该能够提炼出这种网络中的一些细节,使这种独立网络的互操作性得到增强。

“Reconfigurable Context-Sensitive Middleware for Pervasive Computing”一文中^[12],作者提出了一种上下文感知的中间件 RCSM,这种中间件能够使普适计算具有更复杂的行为特性,不止是提供上下文感知应用和暂时动态网络单一的功能,他把2个方面综合起来提供更复杂的功能。

这种类型的中间件能方便应用自发的进行交互,获取上下文信息。它能通过提供开发和运行期间的支持,在上下文感知和应用软件的透明性之间建立一种平衡,所以就不需要开发他们自己的上下文和其他的设备进行交互。另外,RCSM还具有其他的一些重要特性:面向对象的开发构架;具有面向特殊应用的自适应目标容器;上下文目标查询代理器。所有的这些特性使得 RCSM 中间件能够支持动态地发现新的设备装置,还能参加一些动态的信息交换,这些是普适计算需要的重要特性之一,而且是未来中间件发展必须的功能特性之一。

2.4 上下文感知计算的体系结构

人机间不断地蕴涵式交互,就需要设备能感知到在当前的情景中与交互的任务相关的上下文,并能据此做出判断,形成决策,自动地提供相应服务。

普适计算中,上下文是指可用于表征实体状态的信息,上下文感知计算是指利用上下文的信息自动为用户提供适合当前情景(包括任务、位置、时间、用户的身份等)的服务。上下文感知应用则指应用的行为能与用户的上下文联系在一起。该层解决应用所处情景的识别,研究课题包括上下文的表示、综合、查询、分布机制以及相应的编程模型。

Karen Henriksen 提出了一种上下文计算的体系结构^[13],这个体系共分为6层:上下文采集层,上下文接受层,上下文管理层,查询层,适应层,应用层,如图4所示。

采集层主要是实时采集传感器的数据,或利用事件注册/通知方式与其他普适设备通讯来获取相应的数据,也可利用情感计算的输出。上下文接受层在上下文收集层和管理层之间提供一种双向的映射,也就是说,它能把它前者的输入转化成后者能接受的基于事实的表示,并且把路线查询从前面传给前面适当的组件。

上下文管理层负责维持一组上下文模型,并且使使用这种相关表示的模型实例化。实际上每个应用都有他自己的独特模型,但执行相关工作的应用却能够共享这些模型,我们的目的就是要使管理层是分布式的,能提供好的查询性能、对失败的承受能力和断线率。不过,这些工作目前还是初步的,仅仅在相关数据库周围建立了一个单一的共享数据库,从而来执行这些工作。

查询层为应用层和适应层提供一个方便的接口,使用这个接口可以使用事实和状态抽象来查询上下文管理系统。它支持一种同步的查询,也支持位置变化时的异步

通知。

适应层一般是来管理一些位置,优先权限和触发定义的一些数据库,并且可以通过查询层的服务来为应用估计诸如位置等信息。一个单一的数据库是由一组合适的应用共享的,在适当的地方,由所有的这些应用构成的一个组为一个设备或一个人来提供服务。

最后一层应用层是为编程模型提供工具箱支持,具体来说就是激活或停止一些已经存在的触发,为动态建立一些新的触发提供方法。

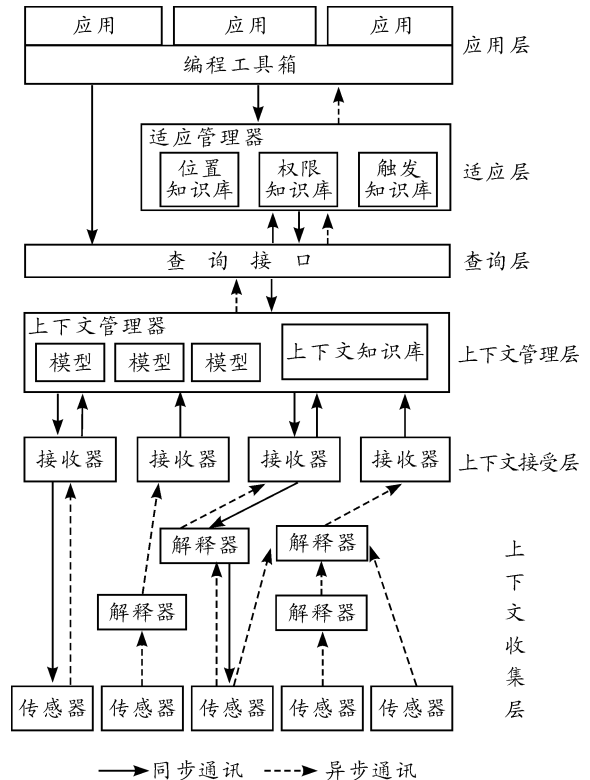


图4 上下文感知计算体系结构

这种体系结构的适应性非常好,它不局限在某一个应用领域中,并且能够自主地为用户提供服务;在处理隐私和可用性方面也有很好的适应性,在现有的上下文研究还没有从实验室走向应用的时候,这种上下文感知计算体系结构意义重大。

2.5 上下文与安全性

很多人担心在上下文感知的计算环境中现存的隐私和安全性问题将变得更遭,普适计算使用一些嵌入式和可穿戴式等设备使它们隐藏在人们的视线当中,使个人在别人不知道的情况下很容易地收集到一些信息。一些有关个人的隐私信息可能很容易出现在某个地方。而且上下文感知系统本来就是要从一些松散的相关信息来推导出一些有用信息,这就使得个人隐私变得越来越复杂。这就会引起用户的不信任,从而阻碍普适计算的发展。

Ravi Sandhu 的 OM-AM 模型^[14]由4个方面组成:目标、模型、体系结构、控制机制。在“Modeling Privacy Control in Context-Aware Systems”一文中基于这个思想^[15],作者针对上下文感知系统提出了隐私控制的理论模型,这个模型

是基于信息空间的核心提取,普适计算中传统的隐私控制聚焦点是基于社会化的隐私目的,而该文中作者是用信息空间来建立一个隐私控制模型,在支持传统的隐私控制基础上,为组织与隐私有关的信息、资源和服务提供了一种好的方法。

在实际操作中,可以通过一些权限控制来确保安全。例如,可以利用上下文信息和用户的身份来确定用户的权限,也就是说,一个用户只有具有一定的身份并且处于相应的上下文环境中才可以具有相应的权限。这个策略有很大的灵活性,因为可以仅仅根据身份,不需要根据上下文情况进行验证,这就是我们现在所使用的传统的验证方法。同样也可以仅仅根据上下文环境进行验证,实现权限分配。假如想让每一个在办公室内的用户都可以使用打印机,那么只需要得到用户的位置信息,依据这个特定的上下文信息就可以给他分配相应的权限,如果位置信息表明他在我们的办公室内,他就可以使用我们的打印机。如果我们只想让自己的同事在我们的办公室内使用打印机,那么就需要验证他的身份是不是我们的同事,并且还要获取他的位置信息确保他是在我们的办公室内,才可以给他分配使用打印机的权限。

3 结束语

上下文感知作为普适计算的热点研究内容,在普适计算中有着核心的地位。当前的上下文研究大多是局限在某个方面或某个应用领域,要么是上下文建模,要么是上下文感知,或者是在某个系统中的应用,很难找出一个框架来综合多个方面的内容。在未来的发展中,很有必要来建立一个统一的框架来综合这多个方面,给各种应用提供广泛的支持。现存的普适计算技术总的来说还不太成熟,在今后的发展中,要发展适应性更强的技术,从而推动普适计算走向标准化和统一化。而且现在正在进行的一些项目的技术手段并不完善。总的来说,上下文信息能否在计算过程中真正发挥其作用,主要取决于3个方面:一是从交互环境中提取和形成上下文;二是协调控制各种上下文与高层应用之间的通信;三是完善推导机制,导出有效的用户行为。这就要求我们在应用中要不断对技术进行突破。

参考文献:

- [1] Weiser M. The Computer for the 21st Century [J]. Science America, 1991, 265(3): 94 - 104.
- [2] SCHILIT B, THEIMER M. Disseminating active map information to mobile hosts [J]. IEEE Network, 1994, 8(5): 22 - 32.
- [3] BROWN P G, BOVEY J D, CHEN X. Context-aware applications: From the laboratory to the marketplace [J]. IEEE Personal Communications, 1997, 4(5): 58 - 64.
- [4] BR6ZIELON P, POMEROL J C. Contextual knowledge sharing and cooperation in intelligent assistant systems [J]. Le Travail Humain, 1999, 62(3): 223 - 246.
- [5] ABOWD G, MYNATT E. Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing [J]. ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2000, 7(1): 29 - 58.
- [6] SHILIT B N, ADAMS N, WANT N. Context-aware computing applications [C]//Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing System and Application. [S. l.]: [s. n.], 1994: 85 - 90.
- [7] XU G Y, SHI Y C, XIE W K. Pervasive computing [J]. Chinese Journal of Computers, 2003, 26(9): 1042 - 1050.
- [8] Schilit B N, Theimer M M, Welch B B. Customizing mobile applications [C]//Proceedings USENIX Symposium on Mobile and Location-Independent Computing. [S. l.]: USENIX Association, 1993: 129 - 138.
- [9] Ghita Kouadri Most efaoui, Jacques Pasquier-Rocha, Patrick Br ezillon. Context-Aware Computing: A Guide for the Pervasive Computing Community [C]//Proceedings of the IEEE/ACS International Conference on Pervasive Services. [S. l.]: [s. n.], 2004.
- [10] Glenn J, Peter S. Providing Contextual Information to Pervasive Computing Applications [C]//Proceedings of the First IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications. [S. l.]: [s. n.], 2003.
- [11] Jie Sun, ZhaoHui Wu. A comprehensive context model for next generation ubiquitous computing applications [C]//Proceedings of the 11th IEEE International Conference on Embedded and Real-Time Computing Systems and Applications. [S. l.]: [s. n.], 2005.
- [12] Stephen S Y, Fariaz K, Yu Wang, et al. Gupta. Reconfigurable Context-Sensitive Middleware for Pervasive Computing [C]//IEEE Context-aware computing. [S. l.]: [s. n.], 2002.
- [13] Karen Henriksen, Jadwiga Indulska. A Software Engineering Framework for Context-Aware Pervasive Computing [C]// Proceedings of the Second IEEE Annual Conference on Pervasive Computing and Communications. [S. l.]: [s. n.], 2004.
- [14] Sandhu R. Engineering Authority and Trust in Cyberspace: The OM-AM and RBAC Way [C]//Proc. 5th ACM Workshop on RBAC. New York: ACM Press, 2000: 111 - 119.
- [15] Xiaodong Jiang, James A L. Modeling Privacy Control in Context-Aware Systems [C]//IEEE Pervasive computing. [S. l.]: [s. n.], 2002.