维普资讯 http://www.cqvip.com

面向智能环境的活动信息空间模型*)

王海鹏 周兴社 张 涛 向 冬
(西北工业大学计算机学院 西安 710072)

摘 要 智能环境是一种典型的普适计算环境,集中体现了普适计算的诸多本质特征。如何实现随时随地的信息交互;面对资源变化,如何实现信息交互的平滑过渡,是实现和评价智能环境的关键。但是,由于在智能环境中,资源的异构性、动态性和移动性变得尤为突出,使得其实现颇具挑战性。在分析智能环境信息交互特点和模型需求的基础上,本文提出活动信息空间模型来解决智能环境对信息交互的不同要求。该模型通过对信息单元的抽象,提供三级的信息交互机制,面向信息表示、面向设备和面向使用者。并且,该模型具有在三级信息交互级别上进行平滑过渡的特点,充分适应了智能环境的要求。开发了一个原型系统并应用在老人健康保健中,验证了模型的有效性。

关键词 活动信息空间,智能信息交互,智能环境,普适计算

An Active Information Space Model for Smart Environments

WANG Hai-Peng ZHOU Xing-She ZHANG Tao XIANG Dong
(School of Computer Science, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072)

Abstract The smart information interaction is an important enabling technique for supporting smart environments, and it is challenged by three distinct features, the heterogeneity, dynamism, and mobility, of smart environments, which consist of ubiquitous information, information accessing devices, and people. To address this challenge, this paper presents an active information space model for smart environments, which provides three distinguished features: representation-oriented, device-oriented, and people-oriented information interaction. These features are achieved by converting primitive information into three levels of active information units, which encapsulates the capabilities of devices and the context of people. As a proof of concept, we have developed a prototype implementation and an elder-oriented application. The resulted experiments show the effectiveness of this model.

Keywords Active information space, Smart information interaction, Smart environments, Ubiquitous computing

1 引言

随着计算和通信技术的快速发展,引起了以普适计算为代表的计算模式的变革。普适计算模式的主要特点是,突出以人为中心的计算、追求计算空间和物理空间的无缝融合。智能环境作为一种典型的普适计算环境,它集中体现了普适计算的以上特点。在智能环境中,人成为计算的中心和主体,计算活动主要围绕着人而展开,计算资源主要围绕着人而分配;基于各种软硬实体的有效协作,智能空间成为计算空间和物理空间有机关联和智能融合之后的增强环境而呈现。

资源是承载智能环境计算的物质基础,资源管理的有效性是支撑智能环境有效运作的关键。从计算主体人使用资源的角度,智能环境中的资源可以明确地分为两大类:第一类是信息资源,第二类是存取信息的计算和通信设备资源。例如,智能家居的温度和光强信息;获取该信息的传感器网络设备,呈现该信息的 PDA 和便携式计算设备。在智能环境里,对信息的存取基于两种主要的交互模式;第一种是计算的主体人随时随地通过方便的计算设备"主动"地获取所需信息;第二种是信息随时随地通过可用的计算设备"主动"地通知、警告、或提醒人们。例如,人们主动地使用嵌入墙体的大屏幕 PDP 设备查询房间的当前温度信息;智能电话主动地提醒老人按时服药等。以上两种交互模式反映了智能环境信息交互的两个本质特点,其一是信息要具有面向设备的特点,以支持计算设备随时随地获取信息的要求;其二是信息要具有面向人的特点,以支持信息随时随地以适合的形式派发到人的要求。本文定义了一种三级的广义信息交互机制,分别具有面向信息表示、面向设备和面向人的信息交互特点;该机制可以对智能环境的交互模式提供有效的支持。

智能环境中资源具有强异构性、高度动态性和随时的移动性等特点,这使得构建具有智能交互特点的智能环境成为一个具有挑战性的课题。自适应模型通过基于面向设备的信息自适应技术和面向信息的设备动态能力技术来实现面向设备的信息交互问题;但自适应方法主要集中在信息表示的自转换机制[1~2]和软件行为的自调控机制[3~5],而非信息与人之间的双向主动交互机制。特别是,为了实现内容的自适应,大多数方法依赖于 Web 浏览器所提供的动态信息变换能力。然而,Web 浏览器只能对功能受限的 applet 提供较好的支持,而无法支持功能完善的全功能应用程序。对于智能环境来说,只有 applet 是不够的,对功能更加完善的全功能应用程序的支持对于处理智能环境的移动性、动态性和异构性具有

*)本文研究得到国家 863 基金项目(2003AA1Z2100),教育部博士点基金和西北工业大学博士创新基金的资助。**王海鹏** 博士生,主要研究领域为普适计算、分布计算、资源管理。**周兴社** 博士生导师,教授,研究方向为分布计算和嵌入式计算。**张 涛** 博士生,研究领域为软件工程、智能环境。

维普资讯 http://www.cqvip.com

重要的意义。

本文提出一个基于“活动信息空间”的方法来支持智能环境的信息交互特点，该方法以“活动信息空间”模型为核心，支持智能环境下的智能信息交互。该模型的主要组成部分是AIU(活动信息单元)，AIU通过将从物理环境和原始信息服务中获得到的初始信息加以抽象和转换而得到。AIU根据所具有的不同属性可以细化为三个级别，不同级别具有根据不同设备、不同能力和人的不同上下文环境进行自我呈现的能力。本文开发了一个基于服务的原型系统来实现该活动信息空间模型，并在一个面向老人的应用中验证了该模型的有效性。

本文第2部分分析了智能环境的信息交互特点和对智能关键系统模型的需求。第3部分定义了活动信息空间模型。第4部分描述了基于该模型的智能环境体系结构。第5部分描述了原型系统和面向老人的应用。最后对全文进行了总结。

2 智能环境的信息交互特点

为了方便讨论，给出本文所用术语的描述性定义。

信息表示(representation)。指信息基于媒介的编码形式，例如，基于文本媒介的信息编码形式，基于语音媒介的信息编码形式等。

信息呈现(presentation)。指信息面向设备或面向人的一种广义信息显示。例如，天气信息面向PDP设备的多媒体显示，按时服药信息面向正在行动中人的语音播放等。信息呈现可能包含信息表示的选择和信息表示的转换。

根据以上定义，传统的信息呈现具有面向信息表示的特点。首先，信息编码成指定的信息表示；然后，选择具有呈现该信息表示能力的设备来呈现信息；最后，存取信息的人要使用该设备去存取该信息。由此可见，在传统的信息交互过程中，信息表示处于中心位置，使用信息的人处于被动的地位；处于选择设备处理指定信息表示，再选择可用的设备存取信息的地位。这种传统的信息交互模式，不能支持人为计算主体的普适计算模式的要求，也无法实现随时随地信息交互的目标，最终也无法满足智能环境的要求。

相对于面向信息表示的传统信息交互模式，智能环境具有面向设备和面向人的信息交互特点。面向设备是指信息会根据计算设备的信息呈现能力选择或变换信息表示；面向人是指信息会根据信息使用者的上下文环境不同而选择或变换信息表示，最终提供一个适合的信息呈现。面向设备和面向人这两个特性结合在一起就可以提供一个随时随地的信息交互模式。例如，一个佩戴PDA设备处于行走之中的信息使用者在存取信息时，信息就会根据使用者的行走上下文和PDA设备具有呈现语音信息表示能力的特点，使用基于语音的信息表示提供最终的信息呈现服务。

如果把面向信息表示、面向设备和面向人的不同信息呈现级别看作是信息交互模式空间中的一个智能交互维度；则根据智能环境的信息交互特点，就要求其相应的系统模型要具有在这个智能交互维度上进行适度迁移的自由度。即在设备具有可用性的条件下，升级到面向设备的信息呈现级别；在使用者上下文可用的条件下，升级到面向人的信息呈现级别；如果这两者皆不具备，则要求要平滑地过渡到至少提供面向信息表示的级别，以保证信息交互的最低可用性。其次，为了支持以上特性，模型要具备表述设备能力和使用者上下文的能力。

3 活动信息空间模型

基于以上分析，本文定义了一个活动信息空间模型。模型的核心是分级的活动信息单元(AIUs，Active Information Unit)；基于分级的AIUs，活动空间模型赋予智能环境在智能交互维度上进行迁移的自由度。每个级别的AIU分别具有表述信息表示、设备能力和使用者上下文的能力；因此该模型满足了智能环境信息模型的要求。以上特性，本文定义为活动信息空间的活动性，其赋予该空间内的信息单元根据目的设备和使用者进行自我呈现的能力。

以下给出活动信息单元的形式化定义，AIU为一个四元组：

$$AIU=(I_r,S,Capa,Context)$$

其中，I_r是某种信息表示，例如温度信息的文本表示形式或语音表示形式等；S是可以接受或处理I_r的服务，例如，基于语音服务器的移动语音服务等；$Capa$是设备能力，例如，PDA的显示能力或语音能力；$Context$是I_r的使用上下文，例如，相对安静的会议环境或需要安全保障的驾驶环境等。

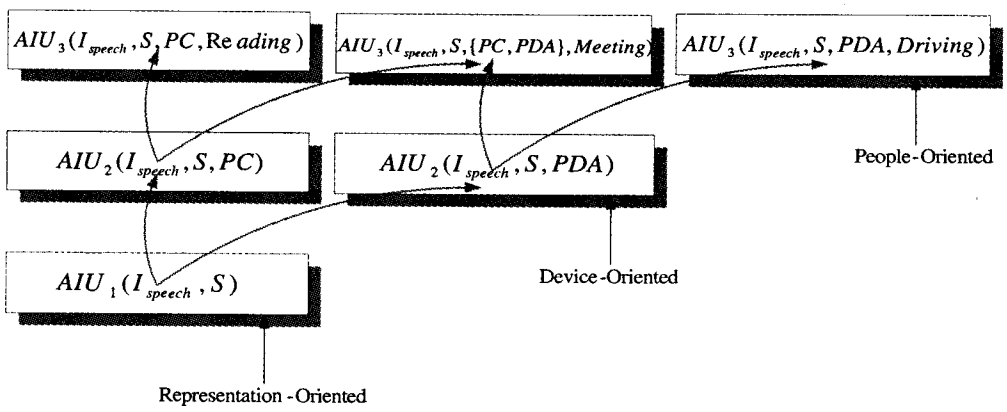

图1 AIU_i映射关系

活动信息空间的AIU信息单元具有三个级别：$AIU_1=(I_r,S)$，$AIU_2=(I_r,S,Capa)$，和$AIU_3=(I_r,S,Capa,Context)$。第一级$AIU_1$具有面向信息表示形式的特点，支持面向信息表示的信息呈现，不考虑设备能力和使用者上下文；第二级AIU_2具有面向设备的特点，支持面向设备的信息呈现，不考虑使用者上下文；第三级AIU_3具有面向使用者的特点，支持面向人的信息呈现。单个AIU_1具有绑定到多个AIU_2的能力，同样，单个AIU_2具有绑定到多个AIU_3的能

维普资讯 http://www.cqvip.com

力。图1表示了不同 AIU 之间的关系。

图1中使用设备名($AIU(\cdots,\{PDA,PC\},\cdots)$)表示与设备(PDA,PC)相关的设备能力 $AIU(\cdots,Capa,\cdots)$,例如语音能力和无线连接能力等。

活动信息空间 $AInfoS$ 定义为 $AIUs$ 的集合:

$AInfoS=(AIU_{2_temp},AIU_{3_med},\cdots,AIU_{i_others}),i=1,2,3$

AIU_{2_temp} 以温度信息为例,表示相关的信息单元 AIU;AIU_{3_med} 表示了一个提醒老人定时服药的信息单元实例。

基于三级的 AIUs 模型,活动信息空间具有提供三级信息服务的能力:面向信息表示的,面向设备的和面向使用人的信息服务。

活动信息空间模型的一个特点是独立于信息生成和信息消费;体现在模型结构上是信息的生成和消费都被解耦合在模型空间之外。因此,该空间就能够基于关联的信息表示服务接受任何信息表示形式的任何信息源,并且能够以合适的信息表示输出到适宜的接收设备上去。因此,活动信息空间消除了智能环境中信息接入和信息提供之间的耦合,支持广泛的智能环境应用开发。

4 体系结构

图2是活动信息空间的体系结构。主要由如下部分组成:

- 智能环境信息采集服务。这些信息包括设备能力信息、环境上下文和使用者上下文。
- AIUs 管理服务。例如 I2D 服务,负责实现 AIU1 到 AIU2 的绑定,以实现面向设备的信息交互,D2P 服务负责实现 AIU2 到 AIU3 的绑定,以实现面向人的信息交互;SM 会话服务负责管理会话过程,提供会话级的 AIUs 管理,例如 AIUs 的 ID 管理和状态管理。
- 信息呈现服务集。该服务集合负责呈现给定信息表示的信息。第三方可以开发这些服务,例如基于语音的信息呈现服务,基于文本的信息呈现服务等。

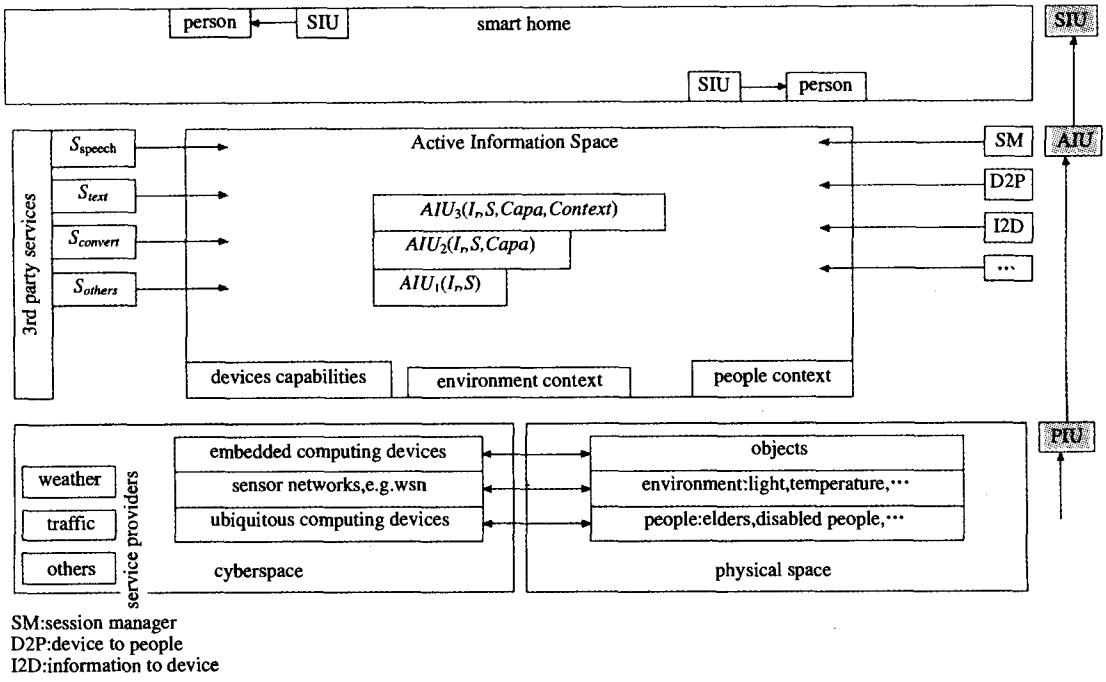

图2 AIS体系结构

该体系结构定义了三级信息,分别是原始信息单元(PIU),由计算空间和物理空间的各种信息组成;AIU,由活动信息空间的信息组成;智能信息单元(SIU),由智能环境的各种信息组成。PIUs 是面向域的,具有设备依赖型;SIU 是 AIU3 在智能环境中的等价体;AIUs 具有面向信息表示、面向设备和面向人的特性。

5 原型系统和应用

已开发了一个原型系统[6]——UbiPresn(获得 2004 中国开源软件大赛铜奖和团体亚军奖)。在 UbiPresn 中,信息呈现服务使用移动服务实现,基于 JINI 技术实现其移动性,相对与功能受限的 applet 服务,移动服务是具有全功能的应用程序。该服务具有在移动设备之间进行发布和迁移的能力;并最终提供一种面向智能环境的无缝信息呈现机制。智能环境中设备的能力表示和融合是基于扩展的 W3C 的 CC/PP 技术实现[7]。

为了评价活动空间模型,开发了一个面向老人的智能环境应用实例[8]。该应用由无线传感器网络和各种普适计算节点组成。无线传感器网络用于采集使用者相关的环境信息,包括环境的光强、温度和声音强度。普适计算节点包括多个 PDAs、便携式笔记本计算机、PDP 显示设备等,主要用于信息呈现。基于活动信息空间模型,物理环境和计算环境就可以融合成一个智能空间,在该空间之中,老人可以随时随地地使用各种方便的设备进行信息交互。例如,老人主动地查询当前房间的温度信息,并使用墙上的 PDP 显示设备浏览;更重要的是,活动信息空间可以通过使用者佩戴的 PDA 设备主动地提醒按时服用药物,并根据当前的使用上下文,决定信息的提供方式,例如走动状态下可以使用基于语音的信息提示服务等。

结束语 本文提出了一个活动信息空间模型用于支持智能环境的构建。该模型将原始信息单元(PIU)包装成三级活动信息单元(AIUs),不同级别的 AIUs 分别具有面向信息表示、面向设备、面向人的信息表示特性。基于活动信息空间,

(下转第 82 页)

维普资讯 http://www.cqvip.com

最终测试结果如表1所示。

表1 加速引擎TPC-C测试结果

事务类型	90%响应时间(s)	平均响应时间(s)	最大响应时间(s)	事务混合比
新订单	3.65	1.63	9.73	44.13%
付款	2.81	0.99	10.24	43.63%
发货	4.50	2.31	11.71	4.07%
订单查询	3.58	1.37	8.21	4.12%
库存查询	3.86	1.54	7.91	4.05%
tmpC = 2023.9				

测试结果符合TPCC标准中事务90%响应时间(都小于5秒)和事务混合比的要求[7]。

相对于同等硬件条件下的单站点数据库服务器的TPC-C直接测试,单站点最多在27个仓库下吞吐量的tmpC值为295.6,加速引擎系统的加速比为2023.9/295.6 = 6.85,引擎中的集群站点效率达到6.85/8×100%= 86%。其性价比已超过国内部分名牌高档服务器的性能,整个测试环境的估计费用为(以下价格均折算为美元):

表2 整个测试环境的估计费用

	硬件	操作系统	数据库
服务器端	8*400$(400$/每站点)	RedHat Linux Fedora Core 2免费	达梦数据库个人版 For Linux 50$
客户端	500$	Windows XP中文专业版 200$	
网络 ECOM 16口 10M/100M交换机 50$			
合计: 4000$			

加速引擎的性价比为:Price/tpmC= 4000 $/2023.9= 1.98$,而目前(截止2004年12月)国际上TPCC测试性价比居于前列的系统[8]为:

表3 TPC-C测试性价比排名

排名	硬件	操作系统	数据库	tpmC	Price/tpmC
1	DELL PowerEdge 2650	Windows 2003 Server	SQL Server 2000 Standard Ed	22052	1.50$
2	DELL PowerEdge 2850	Windows 2003 Server	SQL Server 2000 Standard Ed	26410	1.53$
…	…	…	…	…	…
10	HP Proliant ML350T03	Windows 2003 Standard Ed	SQL Server 2000 Standard Ed	17192	1.96$
11	DELL PowerEdge 2650	Windows 2003 Server	SQL Server 2000 Standard Ed	20108	2.06$

结论及市场前景 测试结果表明,数据库加速引擎已经达到较高的性价比指标,而且系统效率达到86%,但绝对tpmC值尚有差距。主要原因在限于硬件条件规模没有作更多节点的测试,但是按照上面测试结果以及TPC-C基准测试的特点,加速引擎中数据库集群划分的特征[9],加速引擎站点能够在保证性价比基本不变的前提下进行扩展,从而达到更高的tpmC值。另一方面,按照目前市场硬件的价格,在费用不变的情况下,节点硬件可以采用带有SATA磁盘阵列的更好的系统,使得系统性价比进一步提高。

因此加速引擎提供类似数据库SQL语言的接口,使用在数据库和应用系统之间,采用软件加速方法能够达到与特殊集成的昂贵硬件加速技术相当的功能,实现了同等硬件条件下联机事务处理性价比成倍提高,从而以较低的成本满足企业级应用需求,具有良好的通用性,移植性和可扩展性。项目产业化后,可以满足电信、金融等领域大规模OLTP处理的需要,市场前景非常广阔。

参考文献

1 蒋蜀,陈佩佩,谢立. 并行数据库的研究. 计算机研究与发展,1994,31(1)

2 刘晖,彭勤科,沈钧毅. 基于结点代理的数据库集群服务器. 小型微型计算机系统,2003,24(2):225~229

3 肖卫军,卢正鼎,李兵,李瑞轩. 一种多数据库事务模型. 小型微型计算机系统,2003,24(12)

4 吴志晴,卢正鼎,郭宜斌. MDBS中2LSR调度正确性的方法研究. 华中理工大学学报,2000,28(9)

5 庄成三. 基于事务语义的多数据库系统并发存取控制方法. 计算机学报,1996,19(5)

6 Leutenegger S T, Dias D M. A modeling study of the TPC-C benchmark. Computers and Structures, 1993,11(8): 22~31

7 Transaction Processing Performance Council. TPC BENCHMARK C Standard Specification Revision 5.3. April 2004. http://www.tpc.org/tpcc/spec/tpcc_current.pdf

8 Transaction Processing Performance Council. Top Ten TPC-C by Price/Performance Version 5 Results As of 16-Dec-2004. http://www.tpc.org/tpcc/results/tpcc_price_perf_results.asp

9 Piantedosi J A, Sathaye A S, Shakshober D J. Performance Measurement of TruCluster Systems under the TPC-C Benchmark. Digital Technical Journal, 1996,8(3):46~57

10 Oracle. An Oracle White Paper. Database Architecture: Federated vs. Clustered. February 2002. www.oracle.com/technology/tech/windows/rdbms/ClusterComp.pdf

(上接第74页)

物理环境和计算环境融合为一个智能环境,该智能环境支持人与信息的双向主动交互机制。基于该模型,开发了一个原型系统UbiPresn和面向老人的应用,验证了系统的有效性。基于该模型可以构建较为复杂的智能环境相关应用。

参考文献

1 Phan T, Zorpas G, Bagrodia R. An extensible and scalable content adaptation pipeline architecture to support heterogeneous clients. In: Proc. of the 22nd Intl. Conf. on Distributed Computing Systems (ICDCS 2002), July 2002. 507~516

2 Nitto E D, Sassarolil G, Zuccalà M. Adaptation of we contents and services to terminals capabilities: the @Terminals approach. In: Proc. of the 1st IEEE Intl. Conf. on Pervasive Computing and Communication (PerCom 2003), Fort Worth, USA, March 2003. 433~440

3 de Lara E, Wallach D S, Zwaenepoel W. Puppeteer: Component-based adaptation for mobile computing. In: Proc. of the 3rd USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems (USITS), San Francisco, California, March 2001

4 Device mosaic web browser. http://www.opentv.com/dm

5 Espial escape web browser. http://www.espial.com

6 Wang H, Zhou X, Zhang T. Information stream oriented content adaptation for pervasive computing. In: Proc. of the 2005 IEEE Intl. Conf. on E-Technology, E-Commerce, and E-Service (EEE'05), Hong Kong: IEEE Press, March-April 2005

7 Klyne G, Reynolds F, Woodrow C, Ohto H, Hjelm J, Butler M H, Tran L. Composite capability/preference profiles (CC/PP): Structure and vocabularies 1.0, W3C Recommendation, Jan. 2004

8 Wang H, Zhou X, Zhang T. An Active Information Space Infrastructure for Smart Homes. In: Proc. of the 3rd Intl. Conf. on Smart homes and health Telematic (ICOST2005) Canada, July 4, 2005