

# 基于上下文感知的普适服务框架

蒋发群<sup>1,2</sup>, 李锦涛<sup>1</sup>, 苏晓丽<sup>1,2</sup>, 叶剑<sup>1,2</sup>, 朱珍民<sup>1</sup>

(1. 中国科学院计算技术研究所, 北京 100080; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:**为了更好地适应用户的个性化需求和普适计算环境的特征, 提出一种基于上下文感知的普适服务框架。该框架包括服务呈现层、服务管理层、服务提供层和上下文感知层。通过基于社区的服务管理方式来屏蔽普适计算环境中服务的异构性、分布性, 动态地感知与当前计算环境和用户活动相关的上下文信息, 采用基于上下文的服务推荐机制为用户提供个性化的服务, 从而更好地适应人的意图和环境因素。

**关键词:** 普适计算; 上下文感知; 服务社区; 服务推荐

## Ubiquitous Service Framework Based on Context-aware

JIANG Fa-qun<sup>1,2</sup>, LI Jin-tao<sup>1</sup>, SU Xiao-li<sup>1,2</sup>, YE Jian<sup>1,2</sup>, ZHU Zhen-min<sup>1</sup>

(1. Institute of Computing Technology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

**【Abstract】** In order to better adapt user's personalized demand and the characteristic of ubiquitous computing environment, a ubiquitous service framework based on context-aware is put forward. The framework consists of four layers: service presentation layer, service management layer, service provisioning layer and context-aware layer. It uses the service management method based service community to shield the distribution and heterogeneous of services in ubiquitous computing environment. It is aware of context information which is related to current computing environment and user's activity. It utilizes service recommender mechanism based on context so that it can provide personalized service for users.

**【Key words】** ubiquitous computing; context-aware; service community; service recommender

### 1 概述

普适计算<sup>[1]</sup>环境是以人为中心的计算和通信环境, 包含了众多的设备(如传感器、计算设备、人机接口设备等)和服务, 以满足人们多样化、个性化的任务需求。面对普适计算环境中不断丰富的服务, 用户真正感兴趣的只是其中很少的一部分, 用户的移动性以及所使用的普适终端的差异都需要合适的服务来适应用户的行为和意图。而以提供者为中心的传统服务模式由于不能有效地感知用户需求和上下文信息, 从而无法智能地选择最适合用户需求的服务, 难以满足日益增长的个性化服务需求。因此, 在动态、开放的普适计算环境中为用户提供合适的服务是一种新的挑战。针对上述问题, 本文提出一种基于上下文感知的普适服务框架——C-USF。

### 2 C-USF 的结构

基于上下文感知的普适服务框架如图 1 所示。

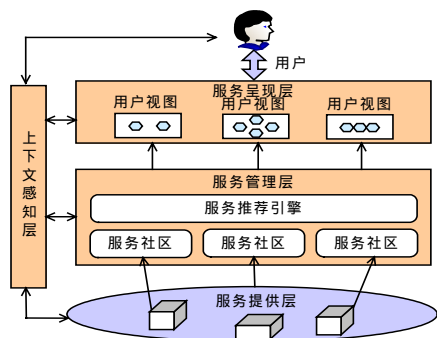


图 1 C-USF 的结构

该框架包括服务呈现层、服务管理层、上下文感知层和

服务提供层。通过 4 个层次协同一致地工作, 可以为用户提供个性化的服务空间。

(1) 服务呈现层位于整个框架的最上层, 它面向最终用户, 采用了更高级、更容易为人理解的服务表示和描述形式, 因此, 也可以把服务呈现层看作交互层。主要功能是为不同的用户提供个性化的用户视图, 其呈现方式可以基于传统的桌面方式, 也可以基于 Web 方式。

(2) 服务管理层是整个框架的核心层, 它利用本体组织的服务组成相应的服务社区, 实现对服务的社区化管理。服务推荐引擎根据上下文为用户提供个性化的服务空间。

(3) 上下文感知层主要负责感知与环境 and 用户活动相关的上下文信息。

(4) 服务提供层主要指分布的以多种形态存在、隶属于不同组织域的服务构成, 它们具有独立的访问策略。

### 3 关键技术

#### 3.1 基于社区的服务管理

服务管理的主要目的是屏蔽普适计算环境中服务所在物理平台的异构性和地理位置分布性, 为用户透明地访问服务提供基础。本文利用本体描述服务与服务之间的关系, 通过本体组织的服务组成相应的服务社区实现对服务的社区化

**基金项目:** 国家“863”计划基金资助项目(2006AA01Z112); 科技部科技平台专项基金资助项目(2005DKA63900)

**作者简介:** 蒋发群(1977-), 男, 博士研究生, 主研方向: 普适计算, SOA; 李锦涛, 研究员、博士生导师; 苏晓丽, 博士研究生; 叶剑, 在职博士研究生; 朱珍民, 教授、博士后

**收稿日期:** 2007-08-17 **E-mail:** fqjiang@ict.ac.cn

管理。

### 3.1.1 基于本体的服务描述

面对不断丰富的服务，基于语法的建模由于缺乏语义信息，难以准确地描述服务的内在特征，不能有效地解决服务的分布性、异构性带来的问题。在普适计算环境中，服务的语义是多方面的，包括功能语义、行为语义等。为了有效地描述服务语义，本文引入了本体来描述服务通用的语义，以及服务之间的关系。

本文采用OWL-S<sup>[2]</sup>服务本体描述服务语义及服务之间的关系。OWL-S服务本体主要从4个方面表示服务及其关系：(1)服务所属的概念类及其类层次结构；(2)类的个体，表示具体的服务实例；(3)属性及其值；(4)类和类、类和个体、属性间的关系。

基于OWL-S描述的多媒体服务的部分片段如下：

```

<owl:Class rdf:ID="MultimediaService">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#SoftwareService"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="ImageProcessService">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MultimediaService"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="AudioService">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MultimediaService"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="VideoService">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MultimediaService"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="ImageView4.0">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#ImageProcessService"/>
  <owl:subclassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID="ImageViewhasInterface"/>
      </owl:onProperty>
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:Class rdf:about="#GUI"/>
      </owl:someValuesFrom>
    </owl:Restriction>
  </owl:subclassOf>
</owl:Class>

```

服务语义描述将使异构的、分布的服务具有机器以及人可理解的语义信息，将为自动化、智能化的操作提供语义支持。

### 3.1.2 服务社区的结构

为了适应普适计算环境固有的动态性和位置上的分布性，本文参照人类社会组织，采用一种以共享和需求为目的的社区结构<sup>[3]</sup>，从而实现对服务的社区化管理。

本文提出的基于社区的服务管理，综合考虑服务的功能和服务提供者的需求，同时有利于资源的发现；另一方面，根据服务提供者自身的需求，尽可能地把它纳入到最能满足其需求的社区中，以期提高查询性能。因此，本文将服务社区分为2类：(1)面向功能的社区，该社区由功能相似的服务组成；(2)面向需求的社区，该社区由满足提供者需求的服务组成。C-USF中服务社区中的成员是服务，其成员的语义关系用本体来描述。服务社区的结构如图2所示。服务社区之间以P2P方式互联，随着服务和需求的变化，通过不断更新服务的逻辑连接实现服务的动态优化重组。

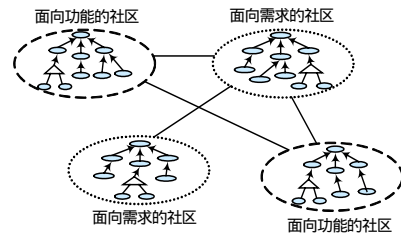


图2 服务社区的结构

### 3.2 上下文感知服务

在动态、开放的普适计算环境中，为了让用户透明地使用环境中提供的各种服务，需要具备获取环境和用户活动相关的上下文信息的能力。普适计算环境中的上下文信息包括与用户、服务、环境等相关的多个方面。在本文中，上下文被认为是对存储在数据库中或由动态获取工具和感知器产生的所有静态和动态信息的一种抽象。

C-USF主要通过上下文感知层来获取上下文信息。上下文感知层主要包含<sup>[4]</sup>：上下文封装器(context wrapper)，上下文聚集器(context aggregator)，上下文知识库、上下文推理器(context reasoner)和上下文查询接口(context query interface)，如图3所示。其中，上下文封装器负责从不同的信息源(例如各种传感器、设备、软件程序等)获得原始的数据和信息；上下文聚集器负责发现上下文封装器并抽象来自上下文封装器的原始数据；上下文知识库提供持久的上下文信息的存储；上下文推理器负责从基本的上下文推理出高层的上下文，消除上下文冲突，保持上下文知识库的一致性；上下文查询接口负责处理提供上下文信息的查询结果。

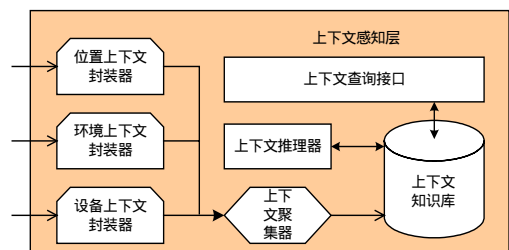


图3 上下文感知层的结构

目前大多数上下文感知的研究工作主要关注物理上下文(例如位置、时间等)和计算上下文(例如网络带宽、资源状态等)，很少关注用户上下文<sup>[5-6]</sup>。为了提供个性化的服务，本文将更加关注用户上下文。用户上下文如图4所示。

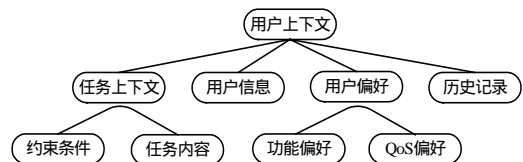


图4 用户上下文

### 3.3 基于上下文的服务推荐

随着加入社区的服务不断增加，社区中的服务会越来越多。将其直接呈现给用户，用户会难以找到适合自己的服务。为了让用户获得满意的服务，本文采用服务推荐机制，根据上下文为用户提供个性化的服务空间。在普适计算环境中，服务推荐需要综合考虑用户喜好、设备能力和网络特性等多方面信息，其推荐结果不仅要说明哪些内容是用户感兴趣的，而且要说明该内容的具体呈现形式。因此，普适环境下的服务推荐比传统单一基于用户模式的推荐要复杂得多。本文将

多维度推荐模式(MD model)<sup>[7]</sup>应用于解决服务推荐问题,建立多维度服务推荐机制,如式(1)所示:

$$R: D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n \rightarrow Rating \quad (1)$$

其中,  $D_1, D_2, \dots, D_n$  是服务推荐模型的多维输入,输入综合考虑各种上下文信息,如用户偏好、时间、地点、设备播放能力、网络带宽等;其输出为推荐率,表示用户对推荐服务的综合喜好程度。

由于社区中的服务众多,对于一个用户,如将社区中所有服务都根据推荐机制进行计算,不仅会造成推荐效率非常低,而且影响用户的满意度,因此本文将服务推荐过程分成2个阶段:(1)在用户登录环境时根据其基本信息对服务社区中的服务进行过滤,得到一个候选服务集合;(2)根据用户偏好和活动等上下文,从服务和用户2个角度,计算候选服务集合中的服务的推荐率,并根据推荐率对服务排序,根据用户需求将排名最靠前的  $N$  个服务加入到个性化服务空间中。

### 3.4 基于 GUI 的服务呈现

C-USF在推荐过程中引入上下文信息,根据用户偏好和终端设备的特征能够有效地实现服务内容及其呈现形式的推荐,更好地适应了人的意图和普适计算环境的特点。为了继承用户已熟悉的基于GUI的交互方式,本文选择虚拟桌面<sup>[8]</sup>作为推荐服务的呈现方式。C-USF通过虚拟桌面对服务接口进行无缝集成,这样用户将以更简洁一致的方式来透明地使用普适计算环境中的服务,同时能够有效地支持复杂GUI应用。基于虚拟桌面的用户视图如图5所示。

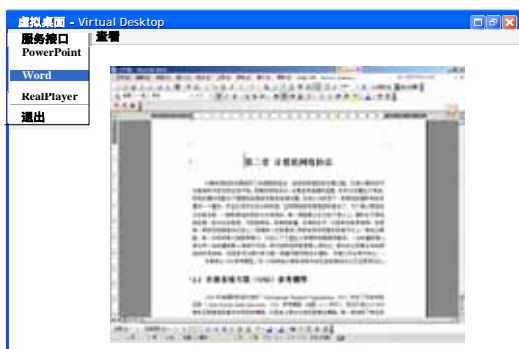


图5 基于虚拟桌面的用户视图

该用户视图集成了3类服务接口,同时正在访问

(上接第15页)

图3呈现的是行政许可审批类业务的全部系统测试用例,网上办公系统在办理该项业务时要能够按照这4种情况分别处理,同时,工具还提供关于测试用例中产品、活动和资源更为详细的说明。

## 5 结束语

系统的过程模型含盖着丰富的系统需求信息,基于可视化、可模拟、可验证的过程模型进行测试用例提取的研究,解决了系统开发中获取的测试用例的完备性、正确性以及与需求一致的问题。本文的研究是对系统过程模型理解应用的一个方面,对其进行更深层的语义分析和模型信息的挖掘,自动生成系统的体系结构,对特定领域提取通用模式,形成构件,支持复用等,是下一步需要研究的问题。

### 参考文献

[1] Legeard B, Peureux F, Utting M. Automated Boundary Testing from

Windows 平台上的字处理软件 Word。用户视图将根据用户需求和上下文集成不同服务接口,从而满足用户的个性化服务需求。通过基于虚拟桌面的用户视图,用户能够以熟悉的方式访问分布于普适计算环境中的服务。

## 4 结束语

本文针对普适计算环境的特点和用户的个性化需求,提出一种基于上下文感知的普适服务框架 C-USF。C-USF 能适应用户的个性化需求和普适计算环境的特征,为用户透明访问服务提供便利。本文的研究成果已经应用于科技部科技基础条件平台建设计划,C-USF 是该平台应用服务支撑系统的一个重要组成部分。下一步的工作是研究服务协同机制,使服务执行满足用户需求,并建立相应的 QoS 模型来保障服务质量。

### 参考文献

[1] Weiser M. The Computer for the 21st Century[J]. Scientific American, 1991, 265(3): 66-75.  
 [2] The OWL Services Coalition. OWL-S: Semantic Markup for Web Services[EB/OL]. (2004-05-21). <http://www.daml.org/services/owl-s/1.0/owl-s.html>.  
 [3] 唐九阳, 张维明, 肖卫东, 等. 类人类社会基于社区的对等网自组织构造[J]. 计算机研究与发展, 2006, 43(8): 1383-1390.  
 [4] Wang Xiaohang, Dong Jinsong, Chin C Y, et al. Semantic Space: An Infrastructure for Smart Spaces[J]. IEEE Pervasive Computing, 2004, 3(3): 32-39.  
 [5] Dey A K. Understanding and Using Context[J]. Personal and Ubiquitous Computing Journal, 2001, 5(1): 4-7.  
 [6] Siu P. Context-aware State Management for Supporting Mobility in a Pervasive Environment[D]. Hong Kong, China: University of Hong Kong, 2004.  
 [7] Adomavicius G, Sankaranarayanan R, Sen S, et al. Incorporating Contextual Information in Recommender Systems Using a Multidimensional Approach[J]. ACM Transactions on Information Systems, 2005, 23(1): 103-145.  
 [8] 苏晓丽, 李锦涛, 蒋发群, 等. 基于虚拟桌面的应用服务访问系统研究[C]//第一届建立和谐人机环境联合学术会议论文集. 北京: 清华大学出版社, 2005.  
 Z and B[C]//Proc. of Conf. on Formal Methods Europe. London, UK: Springer-Verlag, 2002: 21-40.  
 [2] Tahat L, Vaysburg B, Koreland B, et al. Requirement-based Automated Black-box Test Generation[C]//Proc. of the 25th Ann. Conference on Int'l Computer Software and Applications. Chicago, Illinois, USA: [s. n.], 2001: 489-495.  
 [3] Clémentine N, Franck F. Automatic Test Generation: A Use Case Driven Approach[J]. IEEE Transactions on Software Engineering, 2006, 32(3): 140-155.  
 [4] Briand L, Labiche Y. A UML-based Approach to System Testing[J]. Software and Systems Modeling, 2002, 1(1): 10-42.  
 [5] 王雷. 过程工程理论和集成化过程工程环境的研究与实现[D]. 北京: 北京航空航天大学研究生院, 1998:14-20.  
 [6] 任爱华. 基于面向对象 Petri 网的并发软件开发方法研究[D]. 北京: 北京航空航天大学研究生院, 2001: 116-128.