

# 普适计算环境中移动电话一种新的应用模式

徐 映<sup>1</sup> 陈恩义<sup>2</sup> 史元春<sup>2</sup> 徐光祐<sup>2</sup>

( 摩托罗拉( 中国 )公司 )

( 清华大学计算机系媒体所 ,北京 100084 )

E-mail :Ying.Xu@motorola.com

**摘 要** 随着计算技术和通信技术的发展,各种兼有通信和计算能力的手持信息设备将变得无处不在。它将为人们提供各种方便的服务,但它们的资源和能力又严重受限。因此如何通过利用环境拥有的资源来增强用户手持设备的能力是一个尚待解决的热点问题。该文针对移动电话,讨论了它在普适计算环境下一种新的应用模式,然后论述了实现该应用模式需要解决的一些关键技术,并描述了支持该应用模式的体系结构。文章最后给出了该应用模式的一个实例——利用移动电话个性化使用公共显示设备。

**关键词** 普适计算 手持移动设备 个性化信息访问

文章编号 1002-8331-(2005)02-0154-03 文献标识码 A 中图分类号 TN929.53

## A New Application Model of Mobile Phone in the Ubiquitous Computing Environment

Xu Ying<sup>1</sup> Chen Enyi<sup>2</sup> Shi Yuanchun<sup>2</sup> Xu Guangyou<sup>2</sup>

( Motorola Cooperation ,China )

( Department of Computer Science ,Tsinghua University ,Beijing 100084 )

**Abstract :** As the development of computing and communication ,the computing device with the capability of communication will become ubiquitous.How to augment the capability of handheld mobile device by adopting the resources in the environment absorbs a lot of research interest.This paper gives a new application model of mobile phone in the ubiquitous computing environment ,then discusses some key technologies and describes an architecture supporting the application mode.At the end ,this paper ends with an application of this model—personally control public display device by mobile phone to play remote video file.

**Keywords :** Ubiquitous Computing ,handheld mobile device ,personal information access

### 1 引言

随着计算技术和通信技术的飞速发展,自 20 世纪的 80 年代人类经历了从主机计算(Mainframe Computing)到桌面计算(Desktop Computing)的革新后,正逐步进入普适计算(Ubiquitous Computing)时代<sup>[1,2,4]</sup>,人们可以很方便地随时随地访问信息或操纵设备。在普适计算环境中,计算设备将变得无处不在,不仅桌面计算机到处存在,非桌面计算设备,如机顶盒、网络显示器、网络摄像机等也将随处可见;不仅如此,用户还可随身携带各种具有不同计算能力和通信能力的手持设备,如笔记本电脑、PDA、移动电话等等。因此,与用户相关的计算任务不再局限于用户坐在桌面计算机前面的情况,而可能是随着用户的移动,需要随时随地获取环境中各种计算资源来完成用户的计算任务。针对这种发展趋势,该文提出了移动电话在普适计算环境中一种新的应用模式,该模式让用户随身携带的移动电话可以和环境中的公共设备协同起来给用户提供更好的服务。

移动电话的发展速度惊人,最新的研究表明,2000 年全球无线用户的总数为 2 亿,今年预计将要达到 10 亿左右,这种增强将随着第三代无线网络(3G)的部署而进一步得到增强。今天,人们已经能够享受到从手机通过 Internet 访问实时信息的便利,但大部分无线应用都是由 WAP(无线应用协议)或 i-Mode 这样的技术所支持,前者已经被欧美广泛采纳,而后者则

风行于日本。然而随着无线网络带宽和无线处理能力的增强,人们不再满足于仅仅通过手机在 Internet 上冲浪,他们需要交互性更好和更人性化的无线应用。

但由于受体积和重量等因素的限制,移动通信终端设备或多或少会有一些局限性,如(1)设备的显示比较小(2)按键等输入方法不够灵活(3)存储空间比较小(4)处理速度比较慢等,这些因素大大限制了移动通信设备的应用。另一方面,随着普适计算技术的发展,尤其是智能空间(Smart Spaces)<sup>[6,8]</sup>的出现,环境中将拥有越来越丰富的输入、输出和计算设备。该文所设计的应用模式就是采用环境中的资源来增强手机的能力,以便给用户提供更好的服务。例如,一个移动用户通过移动通信设备接收电子邮件,这个邮件有一个 PowerPoint 的附件或是一段 Video 图像,由于移动通信设备的显示屏不够大,阅读这个附件将比较困难。这时如果在移动用户所在的环境中有可以利用的显示设备,他就可以把这个附件通过网络传送到离他最近的显示器上,同时由移动通信设备控制显示的内容。用移动通信设备作控制器,方便的利用环境中提供的设备,将大大加速网络服务应用的发展。又如,在休息大厅,用户可以用手机订阅他想看的体育节目,然后要求发送到他面前的电视机上。

文章接下来讨论了新的应用模式中移动电话和环境中的资源进行协同工作时应解决的一些关键技术,然后在第 3 节阐

述了为支持该新的应用模式笔者所设计的体系结构,第4节给出了该应用模式的一个实例,即在智能空间中利用移动电话提供个性化服务,它允许用户使用公共显示设备来播放他远程存放的视频文件,第5节进行了必要的讨论,并给出了一些结论。

## 2 应用模式的描述及其关键技术

### 2.1 新的应用模式

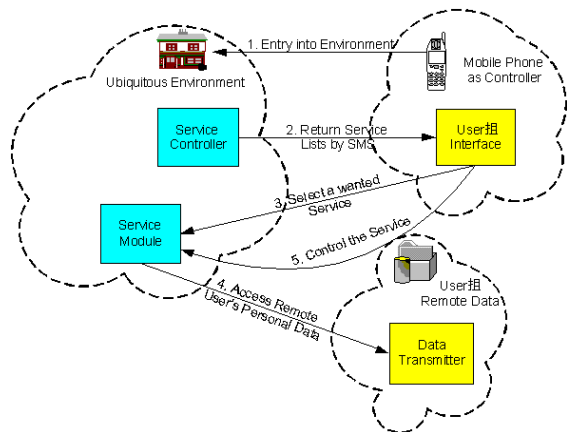


图1 应用模式示意图

利用移动电话进行远程遥控已经不是一个新的话题,如在智能家居环境中,主人出门时如果忘了关窗户,他可以利用移动电话发送命令给家里的控制中心,让控制中心来发送关闭窗户的命令来执行这个动作,从而解决了主人必须回家的烦恼。但在这些传统的应用中,用户处理的是固定环境的情况,然而在新的应用模式中,要面对的是通用和动态的环境。如图1所示,当用户进入智能环境中,服务控制器将向用户发出可提供服务的列表,用户选择服务并发送命令给相应的服务执行模块,并通过给服务执行模块发送指令来达到访问远程的用户数据。虽然同样是用户利用移动电话作为控制终端,但用户所处的是一个更为通用的普适计算环境。这时用户需要随时控制和操作环境中提供的各种服务,但这种操作或者控制将随着用户所在的环境不同,有很大的差异。这就产生了一些新的关键问题,如:用户如何知道环境中能提供哪些服务,用户如何知道各种服务的操作接口如何等等。

### 2.2 关键技术

为了实现以上的应用模式,以便于移动用户能够很方便地使用环境中提供的各种服务或者资源,需要相关的支撑技术,其中包括用户位置感知(Location-Awareness)、服务发现(Service Discovery)、服务调用(Service Invocation)等等。

#### 2.2.1 位置感知(Location Awareness)

手持移动设备利用固定环境提供的计算、通信和网络资源是一个热门话题,在普适计算领域有专门的研究,称之为 Seamless Mobility<sup>[10,3]</sup>或者 Cyber Foraging<sup>[1]</sup>。尽管这些研究项目内容的侧重点不同,但一个基本的问题就是感知移动用户当前所处的位置,即所谓的 Location Awareness。因为移动用户所处的环境千差万别,如可能是一个超市、也可能是一个会议室或者是一个智能家居等等,只有能够感知这些不同的情况,才能为用户提供有针对性的服务。位置感知和移动 IP(Mobile IP)刚好是一个相反的情形,前者是要求能够感知移动用户当前所处的位置,以便于利用当前环境中的资源;而后者则保证移动

用户对当前位置的透明,以便于用户对家乡资源访问的透明,从而方便用户的使用。

#### 2.2.2 服务发现(Service Discovery)

感知移动用户当前所处的位置以后,接下来的工作就是让移动用户知道当前环境中拥有哪些服务,这就是所谓的服务发现(Service Discovery)问题,这也是一个当前的研究热点,可参考文献[12,4,3,5]。在当前的服务发现策略中,主要有两种模式,一个是所谓的“拉”(Pull),另一个是所谓的“推”(Push)。“拉”指的是用户主动查询当前环境提供的服务,并选择自己所需要的服务;“推”指的是环境主动将自己提供的服务通过广播的方式发送给它的移动用户。“拉”需要移动用户主动参与,而“推”则无须移动用户参与,因此对用户而言更加智能和方便。但“推”只能适合服务稀疏型的环境,如“会议室”等,这里提供的服务较少,因此广播服务时所占用的资源也较少;而对于服务密集型的环境,如“智能超市”等,这里提供的服务较多,如果采用“推”的方式,势必造成过重的通信负担,同时过多占用移动用户的存储资源。因此在这种情形下,一般采用“拉”的方式。

#### 2.2.3 服务调用(Service Invocation)

移动用户找到自己所需要的服务以后,还有一个最后的环节,即如何使用这些服务,即所谓的服务调用(Service Invocation)问题,如 RPC(Remote Procedure Call)、RMI(Remote Method Invocation)就是针对这个问题提出的方法。但对于手机这种资源较少的设备而言,采用这两种方式并不十分合适,也没有相关的文献报道采用这两种方式。有的研究人员采用短消息的方式进行服务调用,也就是用户需要发送一个短消息命令,有后台的短消息命令解释器来解释用户发出的命令,并执行用户的服务调用,但这种方式实现起来需要电信部门的参与。在实现时,采用 Web 页面的方式,即将用户访问的服务封装成一个 WAP 页面,并将该服务的接口以超链接的形式表现出来。因此移动用户只需要操作相应的页面上的超链接,并由后台的程序解释这些超链接,这样便完成移动用户对服务的调用和访问。

## 3 支撑的体系结构

在这种新的应用模式中,涉及到的情况比较复杂,它们可大致分成以下二种:一个是对用户所处环境中的各种服务如何进行封装和处理,另一个是用户如何用手机来访问这些服务。环境中所提供的服务可能多种多样,而且各个服务之间还可能相互关联,从而形成了一个分布式系统;另一方面移动用户对服务调用和访问的支撑方法。针对前者,开发了一个软件支撑平台 Smart Platform。

Smart Platform<sup>[1]</sup>是一个 Multi-Agents 系统。图 2(a)给出了 Smart Platform 的结构,在底层操作系统和网络与最上层应用之间引入了协调层和通信层。协调层使得 Agent 之间可以以一致和有序的方式互相协调。而通信层则用来增强下层网络的 Qos。另外还有一个垂直的运行环境管理和系统调试支持机制。协调层的协调模型拟采用基于消息组的发布/订阅(Publish/Subscribe)协调机制。消息组提供一个粒度可调的对通信空间的划分,发布到一个消息组内的消息以广播方式分发给所有订阅的 Agent。一个 Agent 可以订阅或发布消息到任何消息组,如果订阅或发布时相应的消息组还未建立,则软件支撑平台会为其动态建立。新消息到达时,负责交互 Agent 上的一个消息处

理回调函数会被调用。通信层拟采用混杂通信(Hybrid Communication)模式。根据不同类型的交互手段,把软件支撑平台中的消息组区分为面向流的和面向消息的两种,它们分别通过不同的通信机制实现。为了减少网络传输中的延迟,为面向流的消息组提供了点到点的基于 RTP(RFC 1889)和 IP 多播的通信信道。图 2(b)给出了一个运行时刻各个服务之间的状态。

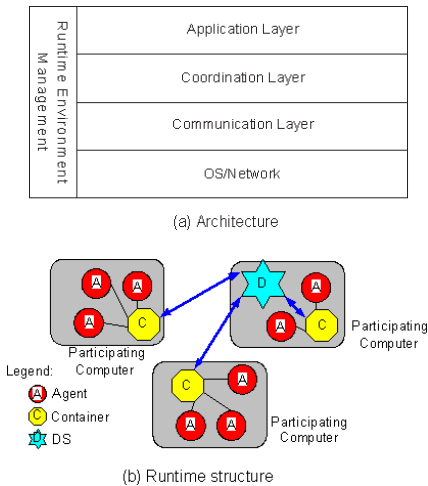


图 2 Smart Platform 结构和运行时刻图

图 3 给出了手机对所处环境服务访问的结构示意图,它由三部分组成。其中 Ubiquitous Environment 就是通过 Smart Platform 所构成的分布式计算环境,他是智能空间的系统软件的一部分;Remote Data 是用户的远程数据,它可能存放在通过互联网连接的任何计算环境中;Mobile Phone 是手机上运行的软件框架。在 Ubiquitous Environment 中有两个重要的模块,并把他们封装成两个 Agent,一个 Agent 是用于处理和解释用户通过手机发送的命令 Servlet,另一个 Agent 则是支持用户对远程个人数据的访问。有关 Agent 方面的知识可以参阅文献[13-8],限于篇幅不予赘述,下文只对手机上运行的软件框架进行解释。

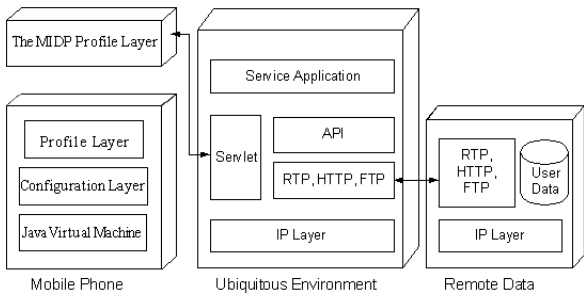


图 3 基于 J2ME 的服务访问图

在手机上运行的软件框架分为 4 个层次(1)Java 虚拟机层(Java Virtual Machine Layer)是 Java 虚拟机的一个实现,它是为特定设备的主机操作系统定制的,而且支持一个特定的 J2ME 配置(configuration)(2)配置层(Configuration Layer)定义了 Java 虚拟机功能的和特定类别设备上可用的 Java 类库的最小集,一个配置定义了 Java 平台功能部件和库的共同性,它对框架(profile)实现者非常重要(3)框架层(Profile Layer)定义了特定系列设备上可用的应用程序编程接口(API)

的最小集,框架在一个特定的配置上面实现,应用程序是针对特定的框架编写的,因此可以移植到支持该框架的任何设备上,一个设备可以支持多个框架(4)移动信息设备框架(Mobile Information Device Profile (MIDP))是一个 Java API 集合,它处理诸如用户界面、持久存储和联网这样的问题。

Java 虚拟机层、配置层和框架层一起构成了连接限制设备配置(Connected Limited Device Configuration(CLDC))。MID 框架和 CLDC 提供了一个标准的运行时环境,这个环境允许把新的应用程序和服务动态地部署在终端用户设备上,使用户可以用“拉”的方式主动查询当前环境提供的服务,并选择自己所要的服务;在一定程度上解决了智能环境中的服务自适应性,但是要想更灵活地实现服务发现,也就是“推”的方式,还需要利用更加先进的蓝牙技术。

4 新应用模式的实现——视频访问

为了进一步验证我们提出的体系结构模型和实现普适计算环境中移动电话新的应用模式,开发了一个利用移动电话进行视频访问的原型演示系统。利用该系统,移动用户可以通过自己的移动电话来访问和控制自己远程的视频文件,并利用移动用户所处环境中拥有的公共显示设备,如投影仪、显示器来显示用户的视频文件,从而大大地增强了用户手持设备的功能。

这个应用主要由两部分组成:客户端应用和 Java 服务器端应用。

(1)在客户端应用程序中需要提供一个人机接口,使用户可以登陆并开启服务。

(2)在 Java 服务器端需要开启一个 HTTP servlet 引擎,例如 Apache's Jakarta Tomcat. 同时维护一个管理用户帐号的数据库,以及应用程序的数据信息。

(3)一个 Web 浏览器可以用来创建和删除用户帐号。虽然在应用中用户必须使用用户名和密码登陆,但是 HTTP 连接也必须是安全的。

(4)使用加密的端到端连接,例如 HTTPS 代替 HTTP。

(5)使用安全的无线协议,如:WAP 的 WTLS,利用可以信赖的无线网关(WAP gateway)传输加密的连接(HTTPS)。

(6)在服务器端使用防火墙。

应用中的通信协议: MIDlet 和 servlet 之间是通过发送 HTTP 请求和响应消息来通信的。这些消息的内容由一些 byte stream 组成,所以 MIDlet 和 servlet 需要按照事先约定好的规则来解释这些 byte stream。例如,用户登陆时的消息流程图:

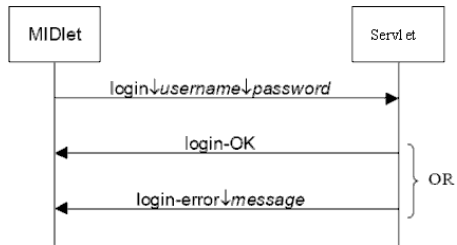


图 4 用户登录时的消息流程图

除了用户的登陆信息可以使用以上机制传输以外,其他应用程序所需的数据也可以通过它来交换传输。在 servlet 端,利

(下转 219 页)



$\{X_3, X_9, X_{10}, X_2, X_6, X_4, X_5, X_7\}, \{X_8\}, \{X_{11}\}$

$E_5 = \{e^5, e_1\}$  :

$\{X_3, X_9, X_{10}, X_2, X_6, X_4, X_5, X_7, X_8\}, \{X_{11}\}$

$E_6 = \{e^6\}$  :

$\{X_3, X_9, X_{10}, X_2, X_6, X_4, X_5, X_7, X_8, X_{11}\}$

可以根据具体情况,选择  $E_i$  对十家钢铁公司进行聚类分析,其含义表示为:当相关因子在 0.96 以上时,公司之间没有相关性,分为最初的十家 ( $E_1$ )。当相关因子大于 0.95 而小于等于 0.96 时,可以分为 8 家,将  $X_3, X_9, X_{10}$  聚类在一起,而其它各家单独为一类 ( $E_2$ )。以此类推,直到相关因子小于等于 0.53,这时可以将十家钢铁公司分为一类。

## 4 结论

数据挖掘是将数据升华为知识的重要工具。该文利用数据

挖掘中的聚类分析方法,根据一些关键的财务指标,对 2003 年十大钢铁公司进行了分析,从中发现公司财务状况的异同,有力地支持了投资决策的制定。(收稿日期:2004 年 6 月)

## 参考文献

1. 关俐,梁洪峻.数据仓库与数据挖掘[J].微型电脑应用,1999,15
2. 敖广武,丛红卫.数据挖掘理论和开发方法[J].信息技术,2003,6
3. 黄解军,潘和平,万幼用.数据挖掘技术的应用研究[J].计算机工程与应用,2003,39(3):45~48
4. 张娴.数据挖掘技术及其在金融领域的应用[J].金融教学与研究,2003,4
5. 姜誉,王宇.面向对象数据库的分割模式及分割算法综述.2000-06
6. 林宇.数据仓库原理与实践[M].北京:人民邮电出版社,2003-01

(上接 156 页)

用 Java Media Framework (JMF) 方法实现对多媒体数据的播放。

图 5 给出了移动用户访问普适计算环境中视频服务的前三个界面。我们是在 Metrowerks CodeWarrior 上进行程序开发的,采用的虚拟机是 Motorola 的 Moto SDK V31 E7.5,所使用的模拟器为 Motorola T720 手机。在手机模拟器上打开应用,在输入需要登陆的服务器 URL 后,输入用户名和密码,服务器端会返回一个可播放视频文件列表,手机端解析这个列表,并显示给用户。用户可以浏览视频文件列表,并选择。服务器端收到用户的确认信息后,调用相应的播放软件,在指定的显示器上播放。目前这个应用已经基本完成,除了手机端软件是在仿真环境下运行,其他程序完全实现。只要对手机端的软件进行简单的配置通过相应的工具就可以下载到真正的手机上运行。

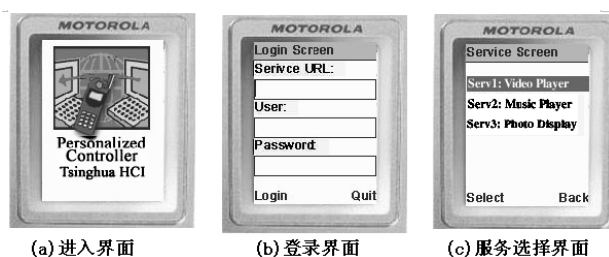


图 5 移动用户服务访问界面

## 5 结论

笔者一直关注普适计算<sup>[14]</sup>的发展,经过几年的研究工作,成功地研究和开发了 Smart Classroom<sup>[8]</sup>智能空间系统和 Smart Platform<sup>[13]</sup>软件支撑平台,并将在国家“十五”攻关项目“网络学院示范工程”中应用。在以前的研究工作中并没有考虑移动设备和智能空间相互融合的问题,但随着移动计算和手持设备技术的发展,将手持移动设备和智能空间进行融合是大势所趋,于是从去年开始着手研究智能空间对移动手持设备的支持,即所谓的 Cyber Foraging<sup>[1]</sup>,在此基础上笔者与摩托罗拉公司(中国)合作研究和开发普适计算环境下移动电话新的应用模式,即该文所阐述的主要工作,现阶段主要研究和开发的还是一个原型系统,还需要在更多的环境中进行测试,以便进一步提高其可靠性和通用性。(收稿日期:2004 年 6 月)

## 参考文献

1. R K Balan, J Flinn, M Satyanarayanan et al. The Case for Cyber Foraging[C]. In the Proceedings of the 10th ACM SIGOPS European workshop, Saint-Emilion, France, 2002-09
2. M Balazinska, H Balakrishnan, D Karger. INS/Twine: A Scalable Peer-to-Peer Architecture for Intentional Resource Discovery[C]. In the Proceedings of First International Conference on Pervasive Computing, Springer-Verlag, LNCS 2414, Zurich, Switzerland, 2002:195~210
3. D Garlan, D Siewiorek, A Smailagic et al. Project aura: toward distraction-free pervasive computing[J]. IEEE Pervasive Computing, 2002; 1(2):22~31
4. Jini Architecture Specification. Sun Microsystems[S]. Version 2.0, available at <http://www.sun.com/software/jini/specs/>, 2003
5. M Nidd. Service discovery in DEAPspace[J]. IEEE Personal Communications, 2001, 4(4):39~45
6. NIST National Institute of Standards and Technology, USA Website: <http://www.nist.gov/smartspace/>
7. M Satyanarayanan. Pervasive Computing: Vision and Challenges[J]. IEEE Personal Communications, 2001:10~17
8. Yuanchun Shi, Weikai Xie, Guangyou Xu et al. The Smart Classroom: Merging Technologies to Provide a Seamless Tele-education Experience[J]. IEEE Pervasive Computing, 2003, 2(2)
9. Pervasive Computing Group. Institute of HCI & Media Integration. Dept of Computer Science, Tsinghua University, available in their website: <http://media.cs.tsinghua.edu.cn/~pervasive>
10. Z Wang, D Garlan. Task-Driven Computing[R]. Technical Report, CMU-CS-00-154, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, 2000
11. M Weiser. The Computer for the Twenty-First Century[J]. Scientific American, 1991:94~10
12. UPnP Device Architecture[R]. UPnP Forum, Version 1.0.1, available at <http://www.upnp.org/resources/documents.asp>, 2003-05-6
13. Weikai Xie, Yuanchun Shi, Guangyou Xu. Smart Platform: A Software Infrastructure for Smart Space (SISS) [C]. In Proc of the 4th Int'l Conf Multimodal Interfaces (ICMI 2002), IEEE CS Press, 2002:429~434
14. 徐光祐,史元春,谢伟凯.普适计算(Pervasive/Ubiquitous Computing)[N]. 计算机学报, 2003