

普适计算中间件技术的研究

徐 磊

(华北电力大学计算机科学与技术系, 北京 102206)

摘 要: 普适计算作为新的计算模式对中间件技术有一些特殊的要求。该文从普适计算的特点出发, 分析了普适计算中间件要解决的有关问题和需求, 提出了构建普适中间件的4个设计原则, 分析了COTS中间件技术和典型普适计算中间件的技术特点并指出了普适计算中间件技术的发展趋势。

关键词: 普适计算; 中间件; 服务发现

Research on Middleware Technology in Pervasive Computing

XU Lei

(Dept. of Computer Science and Technology, North China Electric Power University, Beijing 102206)

【Abstract】 Pervasive computing as a new computing paradigm adds more requirements to middleware. Problems that challenge pervasive computing middleware are summarized based on the analysis of characteristics of pervasive computing. Four design principles are proposed. COTS middleware and some technology trends for pervasive computing middleware research are also introduced at the end.

【Key words】 Pervasive computing; Middleware; Service discovery

传统的中间件作为分布式系统的组成部分, 存在于应用软件和操作系统之间, 解决应用跨不同平台的互操作问题。通常包括一系列使能服务, 并借助于标准化的远程服务交互接口, 使跨网络的一个或多个机器上的进程之间进行交互。由于中间件技术可以屏蔽分布式环境的复杂性, 因此对网络应用具有重要意义。除了可以使不同的网络服务之间进行交互, 中间件通常独立于网络应用, 在网络中透明存在, 便于在不影响功能和性能的情况下提高系统的扩展性。

20世纪90年代以来, 一些中间件技术如: 开放源代码组织的DCE, 对象管理组的CORBA, 微软的COM/DCOM以及SUN的J2SE/RMI等在分布式环境中得到了广泛的关注和应用, 但是仍存在一些问題, 主要表现在: 一些流行的中间件使用专有的实现, 使得采用这种技术的应用依赖于单一厂商的产品; 中间件自身过于复杂和耗费资源, 不适用低端设备, 开发者通常只能选择其中的一小部分服务。

现有中间件技术的局限也随着网络应用规模的扩展和计算模式的进化日益突现出来。尤其是普适计算(pervasive computing, ubiquitous computing), 作为一种新的计算模式具有自身的特点, 对中间件的要求也增加了许多特殊性, 本文主要分析普适计算中间件的特殊性和设计思想。

1 普适计算中间件的特性和需求

网络的普及使PC计算进化到分布式计算, 而移动技术、嵌入式技术及传感技术的发展则使普适计算成为计算模式下一波的进化方向, 普适计算的实质是更强调计算的高可获得性、不可见性和对远程资源的无缝访问能力, 本节分析普适计算的需求背景及其对中间件的要求。

1.1 普适计算

从概念上说, 普适计算是虚拟计算的反面^[1], 虚拟计算致力于把人置于计算机所创造的虚拟世界里, 而普适计算则是反其道而行之——使计算机融入人的生活空间, 形成一个无时不在、无处不在而又不可见(invisible)的计算环境。在这样的环境中, 计算不再局限于桌面, 用户可以通过手持设备、可穿戴设备或其它常规、非常规计算设备无障碍地享

用计算能力和信息资源。

从技术上来说, 这就要求普适计算对环境信息具有高度的可感知性, 人机交互更自然化、设备和网络的自动配置和自适应能力更强, 所以普适计算的研究涵盖中间件、移动计算、人机交互、嵌入式技术、传感器、网络技术等领域。

虽然涉及普适计算的各种构件在不同的技术领域中存在, 但要将其无缝集成为一个统一平台, 则必须以中间件技术领衔。一方面, 面临和传统中间件相似的问题: 异构性, 扩展性, 统一的编程接口等, 问题更复杂、规模更大; 另一方面, 也产生一系列有别于传统中间件的问题: 上、下文可敏感性(context sensitive), 对自组网络(Ad Hoc)的支持等特殊问题。

1.2 普适计算中间件有关问题

异构性

虽然异构性不是普适计算特有的问题, 但普适计算的异构性有其特殊性: 其异构性不仅表现在操作系统、协议体系的不同和不匹配上, 普适环境还面临设备的计算资源和计算能力(智能水平)的不均衡上, 譬如: 一台自动售货机和一台实验室的服务器, 因此中间件应能够屏蔽普适环境的智能抖动, 使下层的 inconsistency 对应用透明, 此外, 还要求中间件具有可裁剪能力以适用于高端和低端的不同设备。

扩展性

普适计算使大量消费类电子设备和信息家电加入网络, 面临用户的增殖, 其连入的设备数量和交互的规模都将是空前的。据IDC预计, 到2003年底, 普适设备的数目将超过世界人口(60亿), 其中: 包括3亿PDA, 20亿消费类电子设备(无线电话、呼机、机顶盒)和50亿日用设备(自动售货机、冰箱、洗衣机等)将通过嵌入式芯片与普适网络相连^[2]。传统的针对特定设备创建应用的开发方式不再适应普适系统的扩展

作者简介: 徐 磊(1956 -), 女, 副教授, 主研方向: 网络技术, 新型网络协议

收稿日期: 2003-08-16 **E-mail:** leihsu@yeah.net

性要求。

上、下文敏感性

智能环境是普适计算的先决条件,所谓上、下文敏感是指具备感知和分析来自各种资源的数据——传感器设备、用户行为和环境参数并采取相应行为的能力。典型的普适应用系统大多包含上、下文敏感的应用,普适计算中间件技术应提供一种不受限于特定语言和特定操作系统的上、下文可感知的统一方法。

不可见性

不可见性是普适计算的另一主要目标,指系统无须用户干预或只需最少干预,能在不同级别上进行自我调整和自动配置的能力。体现在中间件上即动态可配置机制,涉及设备的自动配置、服务的自动发现和绑定等能力,目的是使应用程序从对下层的了解和干预中解脱出来,并赋予应用程序在不同平台和网络设置上的可移植性。

对自组网络(Ad Hoc)的支持

传统的分布式中间件技术是基于固定网络的,而普适环境中的移动设备既可能与固定网络相联,也可能组成动态的自组网络进行即时交互,一些典型的普适计算实验环境常常需要邻近设备动态组成小区域的自组网络,如:智能教室的手持设备(老师的PDA与学生的PDA)自组网络;智能会议室中笔记本和投影屏之间的信息共享;邮票市场中收藏者交换收藏信息等。体现在中间件技术上,要求支持移动设备动态加入网络和进行资源的动态聚集,提供设备和服务动态发现机制,使应用独立于不同的通信协议、不同的网络类型透明的进行交互。

2 普适中间件的设计思想

抽象和分层是分解系统复杂性的手段之一,中间件的概念是继面向对象设计思想之后,在抽象级别上的另一次飞跃。在确认关键的抽象层时,可考虑如下原则:

(1)通过抽象层次将资源虚拟化

为了实现网络资源的透明连接和共享,可将网络资源抽象成服务,把服务视为虚拟化的软件功能构件,提供统一的远程调用接口,该概念可扩展到其它硬件资源——计算、存储、连接、特定的设备功能等,并通过增加的抽象层提供统一的本地和远程服务调用接口。

(2)基于目录的和无目录的服务的动态发现

和静态系统通过缺省配置或人工输入的方式来定位服务、在编译时进行绑定的方式不同,普适计算中间件应提供一种灵活的服务通告和发现机制,使应用可以根据功能、成本、位置等服务属性来动态发现服务,一旦发现服务,调用实体可以与选定的服务动态绑定,然后利用某种平台无关协议启动通信。

由于移动计算是普适环境的必要构成部分,移动设备的漫游特性要求动态发现附近的服务和资源,因此在设计服务发现机制时,既要支持面向目录的方法,又要支持无目录的模式;面向目录的方式适用于依赖固定网络的连接环境;无目录的操作方式对由移动设备动态构成的自组网络更有效。

服务发现研究方面已有一些不同的方案可供借鉴:SLP(基于目录的)^[6],Salutation(IBM用SLM做服务目录),UPnP(MS),Jini(SUN),Bluetooth SDP以及UDDI等。

(3)透明性和上、下文敏感性的平衡

传统的中间件为屏蔽低层细节和环境的异构性,以透明

性为最高目标,但普适计算的很多应用中要求对周围环境的可感知性,可以通过为应用程序提供一种统一的平台无关接口,来实现对上、下文数据的获取、分析、相应行为的触发,从而使应用的开发者集中于上层应用的实现。

(4)模块化以提供灵活的可裁剪结构

为使中间件既能适应普适环境中计算资源有限的设备,又能适应高端设备,中间件的核心功能应足够小,并能够方便地向上扩展。

3 普适计算中间件的分类

3.1 COTS中间件

COTS(Commercial off the shelf)是指现成的商业软件,目前比较成熟的有CORBA/OTMS、Jini/J2SE、SOAP、UPnP等,对普适系统而言,Jini技术较为引起关注^[3]。

Jini提供一族网络协议和编程接口,建立一种使所有设备可以交互的软件平台,该软件平台允许下层具有不同的操作系统和接口。Jini是一个分布式环境,不驻留在某个设备内,每个设备既可以是客户机,也可以是服务器,取决于它是请求服务还是提供服务。

Jini通过Lookup/Discovery机制实现服务发现和通告,为和一般意义上的服务区别,我们把Lookup/Discovery提供的服务叫做基本服务。

Lookup基本服务的实质是建立所有可提供的网络服务公共库。它包含以下操作:

服务提供者创建一个远程对象——服务的远程实现;

服务提供者向Lookup服务器注册其服务信息,并上载一个称为服务代理(Service Proxy)的serialized Java对象;

客户利用Lookup服务来发现所需要的服务。

Discovery基本服务可使新加入的设备获取Lookup基本服务,客户向Lookup基本服务提交请求,通过接口匹配和属性匹配发现所需服务后,该Lookup服务器将对应的服务代理发给客户,客户便可直接通过服务代理与所需的网络服务建立通信。这种通过Proxy在运行时下载代码的动态绑定方式比其它COTS中间件如CORBA、DCOM要优越。

JiniME可认为是Jini的移动版,它是定位于移动设备的技术,它不使用J2SE,而是基于J2ME(Java2 Micro Edition)、CLDC(Connected Limited Device Configuration)、MIDP(Mobile Information Device Profile),与J2SE的主要区别是每个JiniMe设备装载各自的Lookup服务。

但Jini技术也是有局限的,它依赖于Java技术,要求每个设备运行JVM,如果某些普适环境低端设备由于处理能力和存储空间限制,不支持Jini访问,可采取为非Jini设备设Jini代理的方法解决。

3.2 研究中的中间件技术

目前一些针对普适计算的中间件技术的研究仍处于实验室中,这些中间件针对普适计算的需求,突出了灵活的协议支持、统一的编程支持以及可裁剪(Tailable)等特点,多用在研究项目的原型系统中。有别于基于固定网络和PC平台的传统中间件,下面两个特点集中反映了普适计算中间件的发展趋势:

(1)动态可重配置中间件

通过对传统中间件进行扩展,允许根据环境、应用等进行动态调整,提供可重配置的接口。

这类中间件,大多对现有中间件如CORBA体系结构等

进行扩展,如DynamicTAO, openCORBA等。

目前一些新的尝试采用基于微内核的中间件技术。所谓内核通常是指操作系统的核心部分,而微内核是内核的精简版本。为增加对资源有限设备的可移植性,利用模块化设计手段,允许用户安装不同的接口。利用微内核的思想构造中间件,强调中间件的动态可裁剪能力,通过将中间件的构造分解为多个构件,使不需要的部分动态地排除在中间件之外,以这样的方式来适应资源受限的低端普适计算设备。

如Stuttgart University的BASE中间件^[4],由引用代理(Invocation Broker,作为应用程序接口)、本地服务注册和本地设备注册三者构成微内核层,下设插件层,其中包括所有可供调用的插件,微内核分别向本地注册和传输插件分发本地和远程引用请求,从而提供服务和设备功能的统一抽象机制;对不同传输协议和互操作协议的支持体现在传输插件上。插件层的插件管理模块支持新插件的动态加载,插件层的下面是设备功能层。BASE的服务查找功能设计较为薄弱,但其下层设计提供了集成现有技术如Jini、UPnP的可能性。

(2)支持上、下文敏感应用的中间件

这种中间件的原型系统主要由一些可移动的手持设备即时构成邻近网络。如:Arizona State University的智能教室环境,其普适环境由投影仪、教师PDA、学生PDA组成,通过可重新配置的上、下文敏感中间件RCSM^[5],突出了对上、下文敏感和动态自组网络通信的支持。RCSM采用基于对象的方式——把应用系统模型化为上、下文敏感对象,该对象由接口部分和实现部分组成,在接口部分封装对应用的上、下文敏感的描述(使用特定的上下文敏感接口描述语言),其实现部分相对独立。由接口描述语言编译器产生用户定制的自适应对象容器ADC,在运行时对上下文数据进行探测、提取和分析。设备和服务发现机制利用代理实现,

(上接第112页)

(5)MicroEngine中负责数据包发送的线程检查fromSA中的prod和cons,当prod与cons不相等时,根据cons读取相应的fromSA描述符,按照其中的buffer_handle和offset计算出存放数据包的SDRAM地址,将数据包发出,并将fromSA的cons加1。

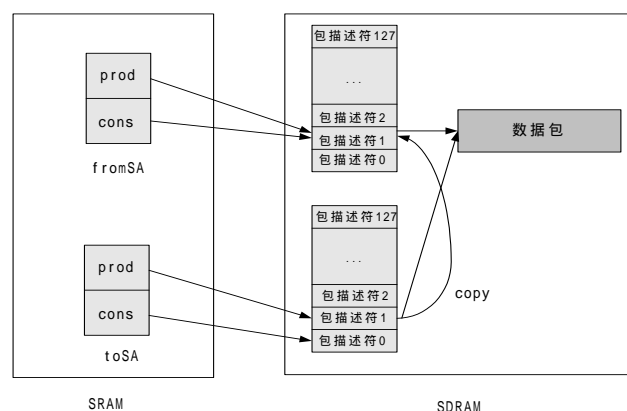


图3 包描述符处理流程

在这种方案中有几个优点:

(1)StrongARM修改toSA的cons和fromSA的prod, MicroEngine修改toSA的prod和fromSA的cons,这样对这4个

以掩盖Ad Hoc网络的复杂性。

4 结论

本文从普适计算的特点出发,分析了普适计算中间件的有关问题和需求,提出了构建普适中间件的设计原则,比较了不同中间件的技术特点,指出了中间件技术的发展趋势。至此,普适计算中间件的要求可概括为:异构性,扩展性,上下文敏感,动态可配置,可裁剪和Ad Hoc支持,具备上述所有能力并提供统一开发支持的中间件技术是普适计算的研究方向之一,目前,在原理和实践之间仍有一定距离,多数中间件技术仍拘泥于特定应用的原型系统或依赖于单一厂商的技术。中间件的最终衡量标准是便于应用的开发和部署,由于普适应用的特殊性,因此中间件技术在研究上的挑战性依然存在。

参考文献

- 1 Weiser M. The Computer for the 21st Century. Scientific American, 1991-09
- 2 Saha D, Mukherjee A. Pervasive Computing: A Paradigm for the 21st Century. IEEE Computer, 2003-03
- 3 Gupta R, Talwar S, Agrawal D P. Jini Home Networking: A Step Toward Pervasive Computing. IEEE Computer, 2002-08
- 4 Becker C, Schiele G, Gubbels H. BASE——A Micro-kernel-based Middleware for Pervasive Computing. Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communication (Per-Com), 2003-03
- 5 Yau S S, Karim F, Wang Yu, et al. Reconfigurable Context-sensitive Middleware for Pervasive Computing. IEEE Pervasive Computing, 2002-07
- 6 徐 磊. 网络服务定位的研究与实现. 计算机工程与应用, 2002, (2)

地址都只有一个线程进行写操作,消除了竞争,不必进行加锁、同步等操作,提高了运行速度。

(2)MircoEngine的接收线程和发送线程以及StrongARM和ISES加密卡并行工作,相互之间不用等待。

(3)ISES加密卡与StrongARM之间采用中断方式进行交互控制,可以提高StrongARM的运行效率,节省CPU的占用率。

(4)数据包在整个过程中除加解密操作外,没有其他操作,StrongARM仅传递其指针,没有对数据包操作,节省了处理时间。

5 结束语

高速VPN网关是国家大力扶植的网络安全设备,它的国产化对于保障国家的网络信息安全具有重要意义。IXP1200是一个优秀的网络应用平台,大大缩短了开发周期和成本。Intel最近推出了带有加密单元的新一代网络处理器IXP2850,利用IXP2850开发千兆位的VPN设备是我们的下一步研究方向。

参考文献

- 1 Kent S, Atkinson R. Security Architecture for the Internet Protocol. RFC 2401, 1998
- 2 Intel IXP1200 Network Processor Family Hardware Reference Manual.
- 3 PCC-ISES Cryptographic Accelerator Chip Product Specification.