

普适计算综述

郑增威^{1,2} 吴朝晖¹

(浙江大学计算机科学与工程系 杭州 310027)¹ (浙江大学城市学院 杭州 310015)²

A Survey of Pervasive Computing

ZHENG Zeng-Wei^{1,2} WU Zhao-Hui

(Department of Computer Science and Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027)¹

(City College, Zhejiang University, Hangzhou 310015)²

zhengzw@cs.zju.edu.cn

Abstract Pervasive computing has being now considered and noticed universally, which is the 21st century compute mode. This article first analyzes the origins of generating Mark Weiser's pervasive computing idea and the thrusts of researching it in the process of computing development. It then simply describes the pervasive computing projects of scientific research organizations of main developed countries, such as enterprise and universities, to realize Mark Weiser's idea. Next, it sketches a Layered Pervasive Computing (LPC) model and its related terms. Finally, the article closes with a discussion of great influence of pervasive computing technologies, and makes prospects of human being living environments such as economic, daily life, work, etc., according to the current development of computer hardware and software technologies and the evolvement of researching pervasive computing.

Keywords Pervasive computing, Ubiquitous computing, Compute mode, LPC, Mobile computing, Distributed computing

1 引言

普适计算(Pervasive Computing)概念最早源自 Xerox PARC(Palo Alto Research Center)计算机科学实验室首席科学家 Mark Weiser^[1]在 1988 年提出的“Ubiquitous Computing(缩写为 Ubicomp 或 UC)”思想,现在文献中又常以“Pervasive Computing”出现。其基本思想是为用户提供服务的普适计算技术将从用户意识中彻底消失,即用户和周围环境(无数大大小小的计算设备)在潜意识上进行交互,用户不会有意识地弄清楚服务来自周围何处的普适计算技术,就好比每天重复着开电灯、关电灯动作,却不会有意识地问自己电来自何方发电厂一样。从人的认知成长过程和计算的发展过程相结合来看,Mark Weiser 的思想可以用图 1 来概略体现。十年后的今天,随着计算机技术的发展,特别是计算机硬件(如低功耗、小型化、微型化轻便硬件设备的出现)的进一步发展和计算机网络技术(如高带宽网络、无线移动网络的普及和组播技术的应用)的不断成熟,普适计算受到计算机科学界更多的关注和重视,合理地近似实现 Mark Weiser 思想成为可能。

Satyanarayanan 撰文^[2,3]认为,从分布式计算、移动计算

到普适计算的发展历程来看,研究普适计算的动力在于四个方面:智能空间的有效运用(effective use of smart spaces)、不可见性(invisibility)、本地或局部可伸缩性(localized scalability)和屏蔽非均衡条件(masking uneven conditioning)。通过将计算基础结构嵌入到建筑结构中,一个智能空间(Smart Space)可以将两个脱节的世界(指移动和固定)联系在一起。如果一个普适计算环境能够持续满足用户期望,很少使用户意识到它的存在,这要求用户在潜意识上与环境互相影响^[4]。而考虑到智能空间的复杂度越来越高,用户个人计算空间和其外部环境相互影响强度会变大。对一个无线移动用户来说,意味着存在严重的带宽、能量和干扰问题。多用户的出现将使这个问题更为复杂化。因此,可伸缩性是普适计算的一个关键问题。而不可见性可能是普适计算中最难的问题,要解决该问题必须在用户接口、环境认知协调等技术领域获得巨大的进步。

从技术上,实现普适计算必须做到满足三个条件:首先,市场上大量出现可供购买的尺寸大小不一、种类繁多的显示设备和廉价、低能耗计算设备;其次,存在将所有计算设备(如嵌入式计算设备、辅助设备)联接在一起的网路;最后,研制出

郑增威 博士生,主要研究领域为人工智能、网络计算。吴朝晖 博士,教授,博士生导师,主要研究领域为人工智能、软件工程、智能 CAD 等。

- 5 Yamagnchi T, et al. Reinforcement learning for a real robot in a real environment. In: European Conf. on Artificial Intelligence, Aug. 1996. 694~698
- 6 Hailu G, Sommer G. Embedding knowledge in reinforcement learning. In: Proc. 8th Int. Conf. on Artificial Neural Networks, Sep. 1998. 1133~1138
- 7 Huber M. A hybrid architecture for hierarchical reinforcement learning. In: Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics & Automation, April 2000. 3290~3295
- 8 Peng J, Bhanu B. Closed loop object recognition using reinforcement learning. IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1998, 20(2): 139~154
- 9 Schwartz J T, Shirir M. A survey of motion planning and related geometric algorithm. Artif. Intell. J., 1988, 37: 157~169
- 10 Canny J F. The Complexity of Robot Motion Planning. Cambridge, MA: MIT Press, 1988
- 11 朱森良, 张新晖, 吴春明, 钱徽. 自主机器人自组织结构 IRASO 的仿真研究. 计算机研究与发展, 1999, 36(7): 776~782
- 12 王文杰, 田家启, 史忠植. 多主体系统对其它主体的研究. 计算机研究与发展, 1998, 35(11): 971~974

用于实现普适计算应用系统的软件支撑系统。就目前硬件制造技术水平来说,第一个条件容易达到。而第二、第三个条件仍然有许多待解决的问题。就第二个条件而言,现有网络将遇到新的挑战。比如普适计算要求更快的数据传输速率,对带宽(特别是无线网络带宽)的需求更多。有线网络和无线网络间的透明链接也是一个需要解决的问题,现有的通讯协议不能满足需求,这就要求开发新的通讯协议套件。又比如,无线网络通道数量少、通信距离短等因素对使用移动设备限制严重,这也无法满足普适计算环境的需要。而移动计算的移动性^[5]本身也会带来新的问题。就第三个条件来说,现有软件支撑系统遇到的挑战表现在操作系统、软件工程和窗口系统的设计上。为满足普适计算环境的需要,未来操作系统将是基于功能化的极小内核的操作系统,能够自动地、动态地减弱或增强功能以适应普适计算的需要。现有窗口系统的设计均为面向静态应用提供服务,无法适应普适计算环境下动态应用的需求,这无疑会对现有窗口系统设计提出新的要求。而软件工程为适应新应用需要也将面临挑战。

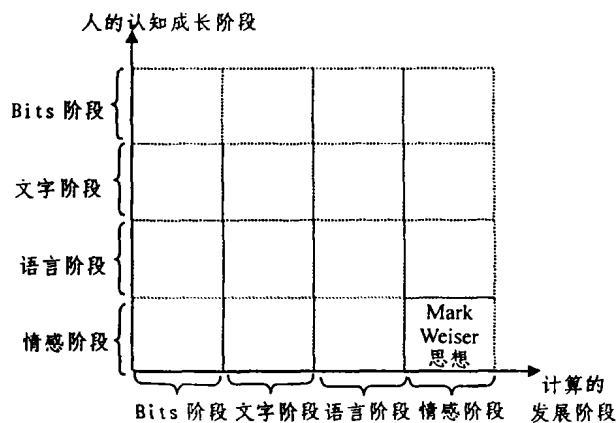


图 1 人的认知成长过程和计算的发展过程

由此可见,普适计算将极大地影响甚至改变计算机软、硬件学科的未来发展方向。为此,Mark Weiser 指出^[6]普适计算环境下影响计算机科学发展的一些新问题。第一,普适计算要求新的硬件部件设计思想(如处理器芯片设计以低能耗为优先考虑目标)。第二,为适应普适计算需要,网络协议必须修改或增强。一个典型的例子,IP 协议将遇到新问题:移动设备的移动性给 IP 协议中域名(IP 地址)的唯一性带来麻烦,普适计算环境下需要按地理位置动态改变移动设备名,IPv4 协议无法有效解决这个问题。第三,普适计算环境下一个用户可能频繁地移动,希望让窗口跟着人走,人与环境(或者说机器)的交互肯定是免不了的。然而,未来计算环境下,一些显示设备尺寸很小以致人机直接接触交互区域很小无法用现有的方法有效解决交互问题,即使使用声音识别方法,也并非万灵药,因为一旦人多了,声音识别准确率就难以保证。这就要求新的人机交互基础。第四,普适计算会给理论计算机科学带来新的计算方法问题。此外,普适计算还会引起新的社会问题。比如,普适计算环境下人的地理位置等涉及隐私的信息如何保护等问题。

2 各国研究现状、研究热点简介

普适计算自二十世纪九十年代兴起,主要发达国家的高校和企业科研机构各自从不同的方面进行研究(如表 1 所示)。美国国家标准和技术协会 NIST(National Institute of Standards and Technology)联合各大型企业研究机构专门针对普适计算制订详细的研究计划^[11](如表 2 所示),ITL (Information Technology Laboratory)负责协调、制定标准、测试等工作。目前,从综合各国已发表的一些文献来看,研究主要集中在如下几个方面问题:

1)交互基础(Interaction Substrates)

普适计算环境下,人和机器(这里泛指 Pervasive Devices)、机器和机器之间的频繁的信息交流是必不可少的,

表 1 部分国家研究机构有关普适计算的项目情况

国家	研究机构	研究内容(括号内为项目名称)
USA	NIST ITL	(Aroma Pervasive Computing Project) NIST: National Institute of Standards and Technology
	CMU	Wearable computers (Project Aura)
	UC Berkeley	Ubiquitous computing (Endeavour)
	MIT	(Project Oxygen)
	MIT Media Lab	(Things That Think Project)(Intelligent Room Project)
	Washington Univ.	(Portalano)
	Columbia	Augmented computing environments
	Georgia Tech.	Ubiquitous computing, The Future Computing Environments
	Stanford, Computer Graphics Lab	Computers As Social Actors(Stanford Interactive Workspaces Project)
	Toronto Univ.	Modes of input/output, human factors, wearable computers
	Maryland Univ.	the interactions between mobile, pervasive computing, multi-agent systems and artificial intelligence, and e-services.
	The eBiquity Research Group	Ubiquitous computing, peripheral or serendipitous information communication, intelligent environments (PARCTAB Project)(Responsive Environment Project)
	Xerox-PARC	Multimodel interface issues
OGI	(EasyLiving Project)	
Microsoft Research	Adaptive interfaces for mobile users	
UK	Cambridge Univ.	Active Badge Location System
	AT&T Cambridge, Olivetti Research Labs	Information communication through peripheral awareness
Denmark	Roskilde Univ.	The smart kiosk-user aware computing environment
	Roskilde University	Home Intelligence Research Project at Vattenfall
Sweden	Royal Institute of Technology	

而要实现不可见性,就要在人的潜意识层次上实现和机器^[4]交流。从技术上,键盘、鼠标、显示器等输入输出设备要实现多样化、智能化,能够实现与环境的良好交互,语音识别、肢体语言识别(如人的手势、脸部表情)等需要进一步研究开发。目前,OGI(Oregon Graduate Institute)在多模态人机交互领

域^[7]有较深入的研究。还有一些高校如 GIT^[8](Geogia Institute of Technology)、加拿大 Toronto 大学^[9]等也在进行这方面的研究工作。此外,一些企业如 Silicon Graphics Incorporated company^[10]也相当重视。

表 2 与普适计算相关的 ITL 项目清单

Topics	Technologies	ITL Role	Companies
Wireless Communications	Wireless telephony systems: W-CDMA & cdma2000	Performance evaluation and development of software testbeds	Int'l Telecom. Union, Qualcomm, Ericsson, European Telecom. Standards Institute
Pico-cell Wireless Systems	Bluetooth, MANET	Conformance and Interoperability testing; Protocol modeling & verification; Performance and coexistence evaluation	IBM, Intel, Ericsson, Nokia, Toshiba, SAIC, Raytheon, Mitre, SRI
Real-time System & Communication Protocol	Java/Jini	Help develop requirements for real-time Java; Performance metrics & tools	IBM, Microsoft, HP, Honeywell, Motorola, Nokia, Sun, SoftPLC, Siemmens, etc.
Speech Understanding	Transcription, information extraction, topic detection & tracking, spoken document retrieval	Benchmark tests; Common test sets; Uniform scoring	AT&T, GTE/BBN, Dragon Systems, IBM, Claritech, GE, SRI, Philips
Interactive Dialogue	Speech-based dialogue	Develop metrics; Develop tests	MITRE, AT&T, GTE/BBN, CNRI, Hughes, IBM, Intel, Lockheed Martin, Lucent, Microsoft, Philips, etc.
Person Recognition	Speaker recognition, face recognition	Benchmark tests; Common test sets; Uniform scoring	GTE/BBN, Dragon Systems, ITT, SRI, Aegir, Excalibur, TASC
Multi-media Information Extraction	Text retrieval, web searching, question answering, interactive retrieval	Develop metrics; Develop test data; Uniform scoring	AT&T, GTE/BBN, Claritech, Lexis-Nexis, TextWise, IBM, Microsoft, GE, Harris, Fujitsu, etc.
Security	Cryptographic testing	Testing/Validating cryptographic modules	IBM, Entrust, Netscape, Motorola, nCipher, Ibutton, GTE, Cylink, SPYRUS, etc.
Biometrics	Biometric authentication, biometric system interoperability	Standards development & testing	Compaq, IBM, Microsoft, Novell, Miros, Identicator, Veridicom, etc.
Electronic Book	E-Book content, interoperability	Standards development & testing; Interoperability standards	Softbook, Nuvomedia, Librius, EveryBook, Microsoft, IBM, Adobe

2) 上下文感知(Context Awareness)

目前,有关上下文感知的研究相当火热,要实现普适计算,周围环境必须具备能够认知人的行为、意识等特征的能

力。主要涉及环境内容表述和交换策略,管理和利用多媒体内容的适应性模型^[14],自适应技术和结构等问题。智能空间(Smart Space,所谓智能空间^[11]是指这样的—个工作环境,通

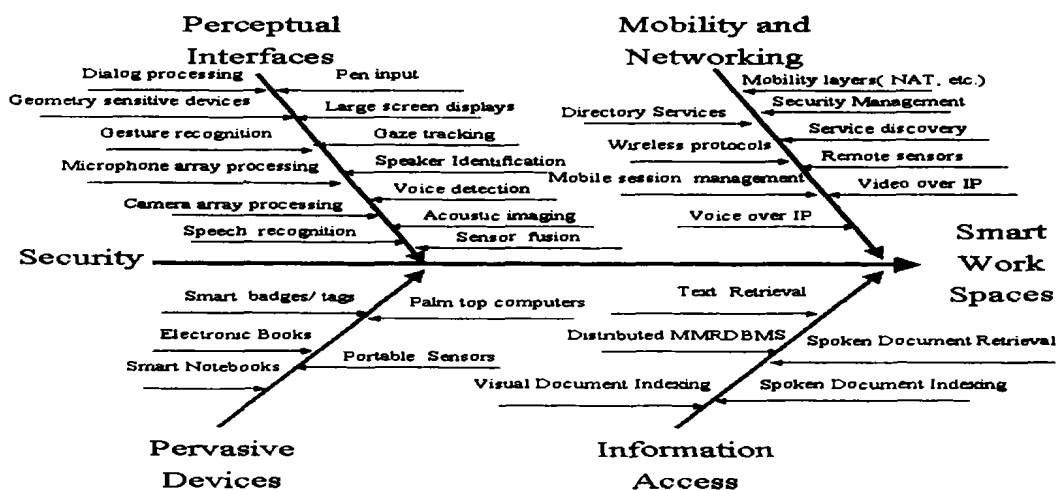


图 2 智能空间涉及的相关普适计算技术

过提供联入 Internet 的静态和动态信息环境,嵌入式计算机、信息工具和多模态传感器允许人们借助计算机新奇的多层次的信息访问方式有效执行任务。)作为实现上下文感知的一个重要平台,NIST^[11]的 ITL 正在对其进行研究,涉及的技术问题从图 2 的描述可见一斑。

另外,GIT^[12,13]也在进行类似的研究工作。

3) 信息捕获、网络信息传输

普适计算环境下,人们周围存在大量的信息,捕获采集^[31]有用信息比如人或设备的位置信息^[28,29]为用户提供服务是至关重要的。同样,信息发送也是必须解决的问题,这涉及信息传送策略^[32~34]、网络传输协议^[35~38]和网络带宽资源^[39]合理使用等问题。目前,GIT、Xerox PARC 等机构正在进行这方面的研究工作。

4) 硬件制造技术、电池技术

普适计算对硬件技术和电池技术提出新的要求。硬件方面,比如,显示设备^[1]要求尺寸多样化,芯片要节能,鼠标^[15]设计也有新的要求。同时,研究能量供应和存储以及新的电池制造技术^[16]显得更为重要,因为在普适计算环境下,一些设备佩带在身体上或挂在房间墙壁上,人们对小型、廉价、高能量密度充电电池的需求会越来越多。

因此,为在新一轮计算革命来临前赢得商机,Apple、IBM、Oracle、Sun Microsystems、Netscape Communications 等大型软硬件制造商在 1996 年 5 月联合宣布一项准则^[17] Network Computer Reference Profile 1——为生产一类称为 NC(Network Computer)的新型设备而制订的工业标准,其最大的意图是加速开发低成本计算设备,迎接普适计算革命的挑战。所谓 NC 是嵌入 IP 网络的、通过 IP 协议与其他网络设备和服务器通讯的产品,其主要特征是便于终端用户使用和简化系统管理,适应普适计算环境下对硬件产品的需求。

5) 软件系统设计

普适计算研究成功的一个重要标志便是能否部署可供人们日常生活使用的应用系统。未来普适计算应用系统的特征是:第一,具有用于替换传统图形用户接口(GUI)的透明接口;第二,具有基于环境知识运用来修改应用行为的能力;第三,具有捕获供今后搜索使用的生活经验(live experience)的能力。而这些均表现为对软件工程提出的挑战。为研制具有这些特征的普适计算应用系统^[40~43],软件工程研究着重点在于:工具箱设计(toolkit design)、分散外部环境注意力的软件系统结构(the structuring of software systems to separate concerns of environmental context)和组件集成技术^[44]等。目前,GIT、Stanford、Washington 等大学就这些问题正进行探讨。

6) 家庭网络化

未来普适计算环境下,地球就好比一个由高带宽有线网络联接在一起的许许多多的“小岛”组成的海洋,而这些“小岛”内人们是基于无线网络^[35]进行通讯的。那么,家庭作为社会的一个细胞,在未来世界里要充当什么角色呢?为此,研究家庭网络化^[18,19]问题是势在必行的。主要涉及家庭信息存储和处理所需的结构问题,基于同一访问网络结构的不同通信方法的集成问题,为所期望的不同网络服务提供所需的住宅网关功能设计问题,住宅内部通信方式(如寻址方法和协议)和外部世界相比较存在的差异性,为家庭网络化(包括远程访问)所需的安全保护机制等等。

7) 安全隐私

由于分布式计算环境下,现有的操作系统等软件在设计上存在漏洞,安全隐私一直是困扰计算机研究人员的一个大问题。而在普适计算环境下,安全隐私显得更为棘手,因为无所不在的网络将随时随地为人们提供服务,反过来人的隐私和安全用现有的技术也就更难以保障了。当然,这并不是我们一定无法解决的。研究网络安全、保障个人隐私是推进普适计算非常重要的问题。目前,IBM^[20]和马里兰大学^[21]正在进行这方面的研究工作。此外,我国台湾大学^[22]也在探讨类似的问题。解决方法:主要针对传统的用户授权和访问控制方式无法适应分布式网络和普适计算的需要,提出不同的解决策略,包括硬件和软件方法。此外,通过立法、修改完善法律等手段,约束和规范人们的行为,有效吓阻犯罪。

3 普适计算层次化模型(LPC)

普适计算的提出对原有的计算机科学理论体系提出新的考验。为便于进行讨论和分析普适计算系统,有必要提出类似于 OSI 参考模型的普适计算层次化模型(LPC, Layered Pervasive Computing model)。目前,NIST 的 ITL^[23]和德国达姆施塔特大学^[24]分别提出类似的层次化模型。下面简要介绍 Max Mühlhä user 提出的三层模型(如表 3 所示),并解释其相关术语。

第一层主要涉及架构普适计算所需的硬件设备和网络设施,比如,智能身份证件(smart badge)、智能汽车、可佩带计算机、Internet 信息工具、智能空间、自组织微微网(Ad-hoc pico-networks)等;第二层描述基于硬件的系统支撑软件的集成问题;第三层讨论 UC 时代的应用问题。

表 3 普适计算层次化模型

L3: UC World	Pervasive computing Things that think Post-PC era Calm technology The invisible computer Embodied virtuality Anytime-anywhere/nomadic computing
L2: Integration	UC engineering (service discovery, awareness management, AAAS, ...) Scalable computing (MOM, Web caching, disconnected-op, components, AOP, ...) Large-scale computing (organic computing cellular computing, active networks, distributed AI, agents, ...)
L1: Gadgets	Smart devices (labels/badges/...) Smart goods & spaces Smart cars, web-on-wheels, ... Smart paper/cloths/dust/... Location/time/temp./...awareness Ambient walls/offices/homes/... Augmented reality Wearable computers Pico/ad-hoc networks Internet appliances

· 后 PC 时代(post-PC era^[25,4]) 大型机计算时代,多人共享一台计算机(N: 1);PC 时代,人手一台计算机(1: 1);后 PC 时代(即普适计算),多人使用多台计算设备(N: M)。

· Things that think^[26] 数不清的专用计算设备和嵌入

式设备将提供人们在日常生活中使用。

• **智能设备 (smart devices)** 这些设备能够认知现实世界的部分环境内容(比如,时间、温度、人的位置等),这种认知能力使其具有自适应性。

• **Augmented reality** Mark Weiser 针对 VR (Virtual Reality, 以机器为中心) 提出的 UC 思想(以人为中心)在实际中难以完全实现,所以,提出的 augmented reality 是二者调和的产物。

• **服务发现 (service discovery)** 混合网络要求节点间在没有预备知识的前提下相互熟悉、协作。为理解节点间的相互“认识”,术语“服务发现”方法被描述成像 Jini^[30]、uPnP、Salutation 和 Bluetooth-SDP 技术一样,致力于开发允许设备在混合网络中申明其存在和了解其它设备的能力。事实上,没有预备知识的相互认识是不可能的,即使人类也需要可供沟通的语言。

• **认知管理 (awareness management)** 智能设备通常是专用的,这些专用智能设备借助部分环境内容可以实现认知。但是,许多应用和设备可能同时访问同一环境(即要求显示同一认知内容),或者若干个智能设备产生更为复杂的认知(比如一组认知),或者存在多种环境内容,等等,这些都会使环境或认知管理变得复杂化,所以,认知管理在开放系统中是一个软件工程问题。

• **AAAS (Accounting, Authorization, Authentication, and Secrecy)** 在 Internet 走向商业化的过程中,隐私和安全是一个需要解决的基本问题。UC 时代这个问题将尤其突出。

• **Scalable Computing** 主要指可伸缩的中间件,若用于传统方法上可扩充其伸缩性。比如:考虑到 Web 呈指数增长情况而提出的 Web caching 技术,出于对网络异构性需要而设计的断接操作 (Disconnected Operation) 和 ORB^[27] 技术,此外,还有 MOM (Message Oriented Middleware) 技术等。

总结与展望 综合以上论述,可以将普适计算归纳为以下若干特点:

• **无所不在:** 数不清的廉价嵌入式计算设备广泛分布在我们生活、工作环境的周围,无声无息地为人们提供服务。

• **互联:** 整个世界是一个网络的世界,其核心由高速有线网络构成,外围是许许多多的无线网络,这些无线网络又连接到核心有线网络,所有的计算设备都连接在网络中。

• **动态:** 用户是经常活动的,所以,一些移动设备势必跟着用户不断更换地理位置,为使移动设备不断适应新环境,移动设备必须具备自我配置能力 (Self-Configuring)。

这些特点为我们勾画出一个美好的未来世界。然而,目前仍有一些因素阻碍着研究工作的向前发展,尽管普适计算研究已进行了十多年。第一,缺少被广泛接受的工业标准,比如,服务发现、APIs、互操作性、蜂窝状无线微微网 (pico-cellular wireless networks)、自我配置等需要统一的标准;第二,缺乏为自我组织服务和域间安全而建立的基础结构。为此,普适计算研究机构要求测试和诊断工具、电子贸易服务和 APIs 实现标准化,要求不同应用、不同服务和不同设备间实现互操作,有安全的访问机制,等等。这些需要各国政府相关部门进行协调,制定对策,才能得以解决。

不过,随着研究工作的不断深入和上述干扰因素的排除,Mark Weiser 的普适计算终将实现,并且将影响人类生活的每一个角落,从日常生活、旅游、工作、交往到学习等诸多方面^[45]。比如,纸质书本被廉价、轻便的交互式媒体唱机所替

代,学习方式会有所变化;青少年在家可以和远方朋友实现面对面高质量影音交流;驾车将是一项更为轻松愉快的活动,嵌入 GPS 的汽车可以帮助导航,提供旅游参考意见,可以预览目的地风土人情、气候,还有近乎完美的反盗服务等。

新的技术将不断涌现。第一,蜂窝状无线微微网络相关技术将会更为成熟,比如,Bluetooth、HomeRF、802.11、IrDA;第二,为动态服务发现所需的相关技术会出现,比如,Jini、通用即插即用 (Universal Plug-and-Play)、Service Location Protocol 等;第三,下一代软件设计语言和工具的运用将更为频繁,比如,Java、Tcl、DCOM、JavaScript、REBOL 等。

市场上,将出现大量的嵌入式和移动信息工具,比如,PDA、cell phones、CrossPad、InfoPen 等。未来还将出现新的市场领域,比如,健康治疗方面,出现智能医院和智能医生;教育方面,出现智能教室、智能校园,伴随着会出现更有效的远程教育手段;还有,电子贸易、制造业等等方面,这些都会给世界带来新的经济契机。

参考文献

- 1 Weiser M. The Computer for the 21st Century. Sci. Amer., Sept. 1991
- 2 Satyanarayanan M. Pervasive Computing: Vision and Challenges. IEEE Pers. Commun., Aug. 2001
- 3 Sandeep K, Gupta S, et al. An Overview of Pervasive Computing. IEEE Pers. Commun., Aug. 2001
- 4 Weiser M, Brown J S. The Coming Age of Calm Technology. In: P. J. Denning, R. M. Metcalfe, eds. Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing, Copernicus, 1998
- 5 Weiser M. Ubiquitous Computing. IEEE Computer "Hot Topics", Oct. 1993
- 6 Weiser M. Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing. Comm. ACM, 1993, 36(7): 72~84
- 7 Oviatt S, DeAngeli A, Kuhn K. Integration and Synchronization of Input Modes during Multimodal Human-Computer Interaction. ACM, 1997
- 8 Abowd G D. Ubiquitous Computing: The Impact on Future Interaction Paradigms and HCI Research. www.acm.org/sigs/sigchi/chi97/proceedings/workshop/gda.htm, 1997
- 9 Kabbash P, MacKenzie I S, Buxton W. Human Performance Using Computer Input Devices in the Preferred and Non-Preferred Hands. In: Proc. of Inter-CHI'93, 1993. 474~481
- 10 Buxton B. UbiComp, HCI and the State of the Artist. IEEE, 1996
- 11 Rosenthal L, Stanford V. NIST Smart Space: Pervasive Computing Initiative. 1998. http://www.cc.gatech.edu/fce/pubs/darpa_uss_98.pdf. http://dlib.computer.org/conferen/wetice/0798/pdf/07980006.pdf
- 12 Abowd G, Atkeson C, Essa I. Ubiquitous Smart Spaces. A white paper submitted to DARPA, Feb. 1998
- 13 Abowd G D, Dey A K, et al. Context-awareness in wearable and ubiquitous computing. IEEE, 1997
- 14 Lei Zhijun, Georganas N D. Context-based Media Adaptation in Pervasive Computing. In: Proc. Can. Conf. on Electr. and Comp. Engg (CCECE'2001), Toronto, May 2001. http://www.mcrlab.uottawa.ca/papers/Ryan-paper.pdf
- 15 Akamatsu M, MacKenzie I S, Hasbrouc T. A Comparison of Tactile, Auditory, and Visual Feedback in a Pointing Task Using a Mouse-Type Device. Ergonomics, 1995, 38: 816~827
- 16 Hahn R, Reichl H. Batteries and power supplies for wearable and ubiquitous computing. 168-169 Electronic Edition (IEEE Computer Society DL), Oct. 1999
- 17 Herrtwich R G, K äppner T. Network Computers-Ubiquitous Computing or Dumb Multimedia?. IEEE, 1997
- 18 Fräroth I. The Home LAN as a conscious system for invisible networked computing. appear in the DA/DSM DistribuTECH Europe '97 Conference Proceedings, 1997
- 19 Weiser M. Open House. http://www.itp.tsoa.nyu.edu/~review/, Mar. 1996
- 20 Droz P, Gülcü C, Haas R. WANTED: A Theft-Deterrent Solution for the Pervasive Computing World. IEEE, 2000
- 21 Kagal L, Finin T, Joshi A. Trusted-Based Security in Pervasive Computing Environments. Dec. 2001

(下转第 29 页)

有复杂的联系,它们直接和 Manager 进行通信,这样单个节点的崩溃不会影响到系统管理的正常运转。

3.5 GUI

面向用户的 GUI 层是瘦客户端,在功能上只完成系统管理的显示作用和一些必要的处理,而把繁重的任务转移到下面的服务层。由于 Java 虚拟机的限制,Java 程序速度比较慢,如果再加以数据的复杂处理必然会影响到整个系统的效率。这种考虑提高了系统管理的速度问题。我们采用 Java swing 开发图形界面,周期短,效果好。在功能的实现上采用模块化的思想,各个模块之间不相互依赖,这有利于系统功能上的扩展,并统一界面风格。例如,图 2 是系统中 Hosts 模块的主界面。

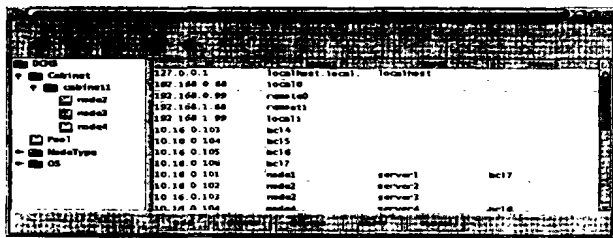


图 2 统一风格的模块图

结论和进一步工作 机群系统管理作为机群操作系统的一部分,有着不容忽视的作用。在其开发中,我们采用了多种技术,解决了系统中存在的问题。系统管理的分层结构,实现了系统可扩展性,具有很好的灵活性和健壮性,并且从中间

件、实现语言、VM 三个层次解决了系统管理的跨平台问题和效率问题。

当然我们不仅要满足用户功能上的需求,而且更为重视系统的应用环境和系统的性能。对机群系统的管理是为了机群能发挥更好的超级计算能力,因此,它的性能不能给整个机群带来负面影响。在接下来的工作中,我们将对系统管理做更深入的研究,使得系统在性能上、功能上、安全性上都能得到提高,进一步完善机群系统管理。

参考文献

- Huang Kai, Xu Zhiwei. Scalable Parallel Computing Technology, Architecture, Programming 2000. 5
- Hennessy J L, Patterson D. Computer Architecture: A Quantitative Approach, Second Edition. Morgan and Kaufman Publishers, 1995
- 孙凝辉. 曙光 4000 项目的总体思路. 中科院计算所高性能室, 2001. 5
- 肖利民, 刘淘英. 曙光 4000 机群操作系统总体设计. 中科院计算所高性能室, 2001. 5
- 仲萃豪. 中间件—构筑复杂分布式应用的关键技术. 中科院软件所, 2001. 07. 12
- 刘卫忠, 徐重阳, 董薇. 多层客户机/服务器结构分析. 华中理工大学电子科学与技术系. 网络世界在线版, 2000(39)
- <http://www.java.sun.com>
- <http://www-900.ibm.com/developerWorks/linux/cluster>

(上接第 22 页)

- Tsai P-L. Towards Ubiquitous Computing via Secure Desktop Service. IEEE Catalogue No. 01CH37239, 2001
- Ciarletta L, Dima A. A Conceptual Model for Pervasive Computing. IEEE, 2000
- Mühlhäuser M. Ubiquitous Computing and Its Influence on MSE. IEEE, 2000
- Press L. The Post-PC Era. CACM, 1999, 42(10): 21~24
- Gershenfeld N A. When Things Start to Think. Henry Holt & Co., Inc.; New York, NY, USA, 1999
- Yau S S, Karim F. Context-sensitive Object Request Broker for Ubiquitous Computing Environments. In: Proc. of the Eighth IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDCS'01), 2001
- Hightower J, Borriello G. Location Systems for Ubiquitous Computing. IEEE, Aug. 2001
- Spreitzer M, Theimer M. Providing Location Information in a Ubiquitous Computing Environment. ACM, 1993
- Charles J. Ubiquitous Computing Uncocked. IEEE, 1999
- Ferscha A. Integrating Pervasive Information Acquisition to Enhance Workspace Awareness. IEEE, 2001
- Lee C, Chen C-C. A Data Delivery Strategy in Ubiquitous Computing Systems. IEEE, 2001
- Vahdat A. Scalable and self-organizing(meta) data dissemination for ubiquitous computing. IEEE, 2001
- Chrysanthos P K, Pitoura E. Tutorial 2: Mobile and Wireless Database Access for Pervasive Computing. In: Proc. of the 16th Intl. Conf. on Data Engineering, 1998. <http://www.computer.org/proceedings/icde/0506/05060694.pdf>
- Lewis T. UbiNet: The Ubiquitous Internet Will Be Wireless. Computer, 1999, 32(10): 126~128
- Driessen P F, Gabert J, et al. An Internet protocol for flexible, scalable, and secure interaction with ubiquitous computing devices. IEEE, 1997
- Misra A, Das S, McAuley A. Autoconfiguration, Registration, and Mobility Management for Pervasive Computing. IEEE Personal Comm., 2001
- Gichal G, Toh C-K. An Evaluation of Centralized and Distributed Service Location Protocols for Pervasive Wireless Networks. IEEE, 2001
- Hung C C, Hong L Y. Bandwidth Sensitive Content Transformation in Pervasive Computing. IEEE, 2000
- Andersson J. A Deployment System for Pervasive Computing. IEEE, 2000
- Grimm R, Davis J, Hendrickson B, et al. Systems Directions for Pervasive Computing. In: Proc. of the 8th Workshop on Hot Topics in Operating Systems (HotOS-VIII), Elmau, Germany, May 2001. 147~151. <http://one.cs.washington.edu/papers/hotos01.pdf>
- Abowd G D. Software Engineering Issues for Ubiquitous Computing. ACM, 1999
- Takashio K, Soeda G, Tokuda H. A Mobile Agent Framework for Follow-Me Applications in Ubiquitous Computing Environment. IEEE, 2001
- Kiciman E, Fox A. Using Dynamic Mediation to Integrate COTS Entities in a Ubiquitous Computing Environment. Springer-Verlag, 2000
- Spoher J, Stein M. User Experience in the Pervasive Computing Age. IEEE, 2000