

基于 MAS 的个性化信息检索系统*

侯 薇¹, 董红斌^{1,2}

(1. 哈尔滨师范大学 计算机系, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 北京交通大学 计算机学院, 北京 100044)

摘 要: 介绍了信息 Agent 进行个性化信息检索的基本技术及发展趋势; 给出了 MAS 体系结构并分析了它的优点; 描述了如何在 Multi-Agent 系统 Calvin 中实现个性化信息检索。

关键词: 信息 Agent; MAS; 个性化信息检索

中图法分类号: TP391 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)03-0076-04

Personal Information System Based on Multi-Agent

HOU Wei¹, DONG Hong-bin^{1,2}

(1. Dept. of Computers, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang 150080, China; 2. School of Computers, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: This paper presents the basic techniques and development trend of personal information system based personal information Agent; the advantages and architecture of MAS; describes how to implement personal information retrieval in the Multi-Agent system Calvin.

Key words: Information Agent; MAS; Personal Information Retrieval

1 介绍

Internet 上信息资源的增值以及多种分析和访问信息的方式已经形成了一个复杂的信息环境。这种环境的复杂性在于:

- (1) 信息的非结构化和无序化。
- (2) 信息的多源性。通过搜索引擎或各种知识库所得到的信息, 都具有不同的类型和质量以及多种不同的查询方式。
- (3) 用户信息的多源性。用户可能在文档访问的过程中隐式地提供多种类型的关于自身的信息。
- (4) 与用户交互方式的多样性。提供给用户多种类型的帮助。
- (5) 多种分析技术。存在多种技术用于分析用户的文档访问行为和建立用户兴趣剖面。

由于存在对用户来说难以开发的复杂的电子信息环境, 当有更多的信息可以利用时, 难以访问希望获取的文档, 即信息检索的服务缺乏个性化, 不能满足用户真正的需求。

1.1 个性化信息检索

信息检索是用户寻找、定位感兴趣信息的主要途径, 当前搜索引擎所使用的技术核心形象地描述为“以词对网”, 词的内在信息负载太小, 把它作为信息检索的唯一入口, 必将带来包括返回信息过多在内的种种问题。现有的 Internet 信息检索系统没有考虑用户的差异, 对于任何用户, 只要输入的关键词相同, 返回的检索结果就完全相同。而实际上, 不同的用户由于背景知识、兴趣爱好等方面的不同, 需要的信息往往是不同的。由于一词多义现象的广泛存在, 不同领域的内容将混合呈现在搜索引擎返回的检索结果中。另外这种检索模式还带来

三个深层次的问题, 即忠实表达、表达差异、词汇孤岛问题。随着 Internet 信息量的迅速增加, 这种不区分用户的检索服务必定会给用户的信息检索带来困难。

1.2 信息检索与 Agent 技术的结合

个性化信息检索是指根据用户的兴趣和特点进行检索, 返回与用户需求相关的检索结果。而智能信息 Agent 技术与网上提供的大量的信息过滤方法相结合, 能够使信息的个性化得以实现。Agent 技术为 Internet 上自动的信息收集提供框架, Agent 会观察用户的动作, 主动提供帮助, 这种个性化信息 Agent 的常用的核心技术是利用“用户剖面”——用户需求的一种表示, 根据用户反馈不断得以更新。信息过滤为持续的信息检索提供个性化的帮助, 信息过滤系统的效果(即检索或过滤相关信息的能力)主要依赖于用户剖面的精确性(确切表示用户兴趣的程度)。

2 个性化信息 Agent

2.1 个性化信息 Agent 的功能

分布式的信息检索 Agent 应该能够:

- (1) 接收人或 Agent 客户的请求;
- (2) 将这个请求翻译成信息源可以理解的语言;
- (3) 识别信息源;
- (4) 形成对这些信息源的请求;
- (5) 收集相应的结果;
- (6) 处理返回的结果;
- (7) 将结果提供给用户。

信息 Agent 应具有信息获取和管理的能力, 它能够透明地访问一个或多个信息源。另外, 它代表用户或其他 Agent 检索、抽取、分析和过滤数据, 监视资源, 更新相关的信息; 能够融合不同种类的数据, 将相关信息以统一的、多维的视角提供给用户。Agent 能够随着用户偏好、信息和网络环境的变化进行

收稿日期: 2004-02-03; 修返日期: 2004-05-12

基金项目: 黑龙江省自然科学基金项目(F00-04); 哈尔滨师范大学杰出青年基金资助项目(2003)

动态调整。

2.2 个性化信息 Agent 的基本技术

信息 Agent 的基本技术有四种: 通信 (Communication) 技术、知识 (Knowledge) 技术、任务级 (Task Level) 技术和合作 (Collaboration) 技术。这四种技术及其下层任务技术如图 1 所示。

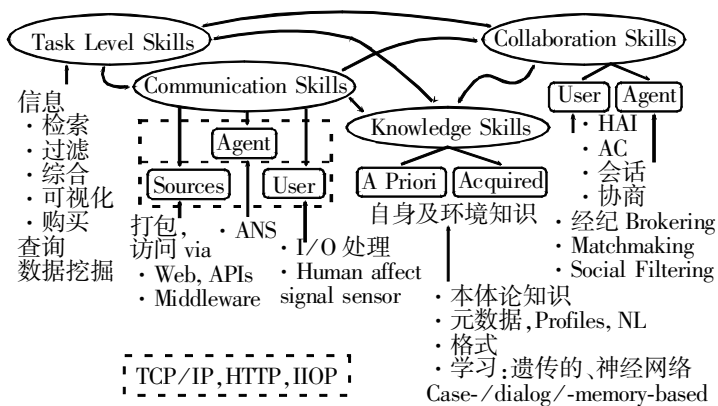


图 1 信息 Agent 的基本技术

3 基于 Multi-Agent 的个性化信息检索系统

3.1 MAS 的优点

对于信息化 Agent 的一个挑战是创建能够处理多个方面信息的个性化信息检索系统, 利用多个资源, 并且随着各个用户任务的需求进行动态的调整。

单独的满足特殊的个性化信息检索需求的 Agent 虽然在专门化的任务中表现出较好的性能, 但是没有专门化的 Agent 能提供处理上面所提到的信息环境的各个方面所需的灵活性。而一个 Multi-Agent 体系结构提供了相对于传统信息检索来说五种主要优点:

- (1) 灵活性。MAS 中, 可利用多种不同的 Agent, 每种 Agent 实现某种特定的功能。
- (2) 健壮性。MAS 方法提供了一个在其中不同的分析, 存储和检索技术能够独立操作的环境。
- (3) 分布式计算。不需要用户使所有的组件都运行在一台计算机上, 系统可以分布于网络之中。这扩展了可用组件的范围。
- (4) 便于开发和维护。因为 MAS 信息检索系统本身由各个部件组成, 每个部件完成一小部分的工作, 增加和删除部件更容易, 使得开发者可以集中精力进行核心部分的开发。
- (5) 便于研究。Multi-Agent 系统额外的灵活性为研究提供了重要的非功能上的益处, 能够使得研究通过标准的使用无缝地整合在一起。

利用 Multi-Agent 社会构建个性化信息 Agent, 与自包含的个性化 Agent 相比较存在安全性、合作、可感知的复杂性、信息整合等新的问题。

3.2 基于三层 Internet 结构的 Agent

Multi-Agent 系统基于三层 Internet 结构: 服务请求层、中间层、服务提供层。

对应的软件 Agent 为 Requester Agents, Provider Agents 和 Middle Agents。任何 Requester Agents 向 Provider Agents 提出的请求必须发往 Middle Agents 进行处理。

Middle Agents 的类型, 诸如 Matchmakers, Brokers 和 Blackboards 等。

Matchmaker 的服务机制如图 2 所示。

3.3 个性化 Multi-Agent 系统的体系结构

个性化 Multi-Agent 系统的体系结构为各种不同功能的 A-

gent 的整体化提供了一个统一的环境。体系结构中的任务模块及其组成部分包括: 学习用户剖面信息、收集用户反馈和搜索 Web 页面。它包括三种 Agent: Profile Agent, Interface Agent 和 Search Agent, 如图 3 所示。

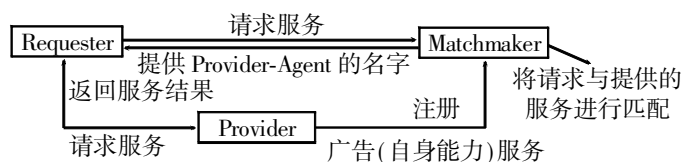


图 2 Multi-Agent 系统中 Matchmaking 服务

Profile Agent 的主要任务是建立和维护用户模型, 用户模型构成用户剖面, 并适合用户兴趣的变化。当用户通过 Interface Agent 向系统提供反馈时, 就会引发 Profile Agent 的活动。

Search Agent 将搜索命令传给搜索引擎执行搜索, 分析搜索结果。

Interface Agent 通常作与用户和 Agent 社会间的 GUI。

构建用户剖面取决于用户提供的关键词和注册时的信息。这些信息被提交给 Middle Agent, 作为初始化的广告存储起来, 用于将来的匹配。之后, 用户剖面由 Profile Agent 通过来自于用户的 Bookmark 和反馈等信息, 自动地进行构建和优化。用户剖面还会由 Profile Agent 通过发现新搜索或新信息来进行更新和扩展。

4 实例分析: Calvin——一个 Multi-Agent 个性化信息检索系统

这里介绍的 Multi-Agent 系统由两部分组成: Geneva 和 Calvin。前者提供基本 MAS 服务的中间件层; 后者是一个专门用于信息检索的 Agent 集合。Geneva 和 Calvin 在体系结构中的角色如图 4 所示。Geneva 是下面的 Agent 通信系统的通用框架。它的通用性足以用于未来的扩充和更改, 同时仍提供 AOIS(面向 Agent 的信息系统) 需要的资源。Geneva 提供基本的 Agent 通信、认证和加密功能, 并使用开放的 XML 规范来允许多种 Agent 和一系列的任务。

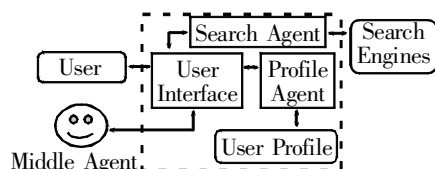


图 3 个性化 Multi-Agent 系统的体系结构

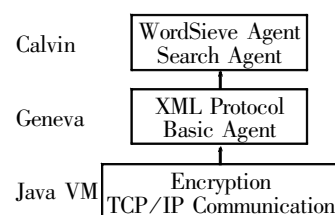


图 4 Multi-Agent 体系结构

Calvin 建立在 Geneva 之上用于提供个性化的信息 Agent。Calvin 观察用户的文档存取过程, 尤其是 WWW 浏览。它记录访问何种文档, 分析它们, 进行后台搜索, 将结果提供给用户。这期间它建立用户兴趣剖面。这些兴趣剖面用于帮助用户进行更精确的未来搜索。

Multi-Agent 系统中的 Agent 如图 5 所示。每个方框代表一个独立的 Agent。Agent 分类如下:

Geneva 级 Agent。这一级别中的每个 Agent 都为使得其他 Agent 发挥作用提供基本的服务。

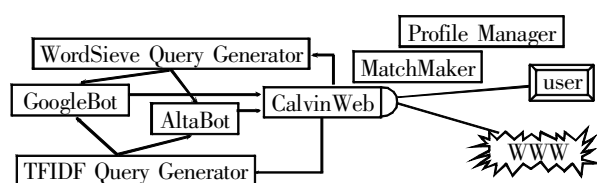


图 5 Calvin Agent 体系结构

- (1) MatchMaker 提供鉴定以及使得 Agent 间协调。
- (2) DataManager 提供密码的持久存储保护。当前用于存储用户兴趣剖面。

(3) LogBot 提供一个网上所有 Agent 都可记录的中心化日志。它提供了一个用于诊断目的系统消息的中心化仓库。

Calvin 级 Agent.

(1) 用户界面 Agent——CalvinWeb。它提供 MAS 和用户 Web 浏览器间双向通信。CalvinWeb 作为进入 MAS 的用户界面, 用户不是与系统中所有 Agent 直接交互, 而是 CalvinWeb 将用户的活动为 Agent 社会翻译成消息, 并且将 Agent 的行为翻译成可视化显示给用户。

(2) 分析 Agent。这些 Agent 分析用户行为, 生成反映用户兴趣的剖面。这些 Agent 也定期向系统中其他 Agent 广播用户当前浏览热点的描述。

TFIDF Agent。应用 Term Frequency/Inverse Document Frequency 文本分析算法学习用户的兴趣。

WordSieve Agent。应用 WordSieve 算法生成用户兴趣剖面, 学习当前用户的兴趣。

DocStats。积累用户访问过的文档统计信息。

(3) Search Agent。这些 Agent 基于用户的兴趣剖面为用户执行后台搜索。

AltaBot。在 Alta Vista 上执行后台搜索。

GoogleBot。在 Google 上执行后台搜索。

4.1 Geneva

Geneva 为 Agent 的开发提供了一个中间件库。它为使用开放消息协议的 Agent 间提供安全通信。Geneva 使得系统很容易接纳带有新的消息类型的 Agent 子社会, 并为 Agent 提供查找对它发送的消息感兴趣的其他 Agent 的机制。

4.1.1 Geneva 的基本 Agent 类型

Geneva 被设计成允许 Agent 开发者根据所分析和检索的信息去思考。为了 Agent 的快速开发, 提供了两种父类 Agent。Geneva 中的所有 Primary Agents 都继承自这两类 Agent。Agent 的两个基本类型是 Basic 和 Multi-User。每个 Agent 作为一个独立进程运行于自身的 Java 虚拟机中。

(1) Basic Agent。这种 Agent 执行基本的加密、解密和鉴定协议。所有的 Agent 继承自 Basic Agent。Basic Agent 知道如何在 Agent 环境中注册, 如何找到和建立与其他 Agent 进行通信的渠道。

(2) Multi-User Agent。它建立在 Geneva 之上的系统能够支持多个并存的用户。Multi-User Agent 同时跟踪多个用户, 为每个用户派生一个新的子 Agent。子 Agent 操作于独自的线程, 但只能通过父 Agent 通信。

4.1.2 通用 Geneva Agent

继承自 Basic Agent 的 Agent 提供 Calvin 的后台支持。

(1) MatchMaker。MatchMaker 帮助 Geneva 中的 Agent 处理两个问题: 保密和鉴定。它鉴别 Agent 间的消息源并为 Agent 共享密钥提供机制。

首先, 为了确保 Agent 的有效性, Agent 只会以与来自 MatchMaker 的可信信息相一致的方式同其他 Agent 通信, MatchMaker 帮助确定 Agent 的身份。

MatchMaker 提供的第二个主要的服务是预定服务, 帮助 Agent 彼此间的协调。每个 Agent 告诉 MatchMaker 它可能提供哪种类型的消息, 以及有兴趣接收哪些信息。MatchMaker 利用这个信息通知彼此具有相应兴趣的 Agent, 允许 Agent 向所有其他感兴趣的 Agent 广播消息。

(2) DataManager。DataManager 是一个用于持久信息存储的仓库。它避免了每个 Agent 都必须有它们自己的数据库。尽管它可用于存储任何信息, 但 Calvin 使用它来存储用户兴趣

剖面。

4.2 Calvin

Calvin 是一个建立在 Geneva 体系结构之上的 Agent 集合。每个用户有一个由分析 Agent 产生并记录的个性化兴趣剖面。分析 Agent 产生和广播用户当前上下文的描述。检索 Agent 把这些描述翻译为查询, 并利用它们查询标准搜索引擎。结果返回给用户界面 Agent, 由它提交给用户。

4.3 系统性能

Geneva 提供了广泛的、易于扩展的通信和鉴定结构。Calvin 建立在未来用于更大灵活性和更注重安全性的中间件基础上。Geneva/Calvin 提供相似的功能, 也提供了完整的信息检索系统的体系结构。Calvin 提供了到电子信息环境的灵活界面; 另一方面也注重观察用户的后台行为。Calvin 中的 Agent 不是使用复杂的查询语言处理复杂的查询, 而是让 Agent 承担更细的子划分问题, 为每个 Agent 或 Agent 集分别分配不同的任务, 这虽然增加了复杂查询的困难, 但同时也增加了结合各个子 Agent 能力的多样性。

5 研究和动态

1995 年 3 月, 卡内基·梅隆大学的 Robert Armstrong 等人提出了个性化导航系统 WebWatcher, 斯坦福大学的 Marko Balabanovic 等人推出了个性化推荐系统 LIRA; 同年 8 月, 麻省理工学院提出了个性化导航智能体 Letizia。这三个系统被公认为个性化服务发展初期最为经典的系统, 标志着个性化服务的开始。此后, 个性化服务系统层出不穷。1996 年, 加州大学 Irvine 分校的 Brian Starr 等人提出了发现用户感兴趣页面有价值变化, 进而通知用户访问的个性化服务智能体 Do-I-Care; 同年, 卡内基·梅隆大学的 Dunja Mladenic 在 WebWatcher 的基础上进行了改进, 提出了个性化推荐系统 Personal WebWatcher; 1999 年, 麻省理工学院的 Henry Lieberman 提出了基于合作方式的个性化导航系统 Let's Browse; 2000 年, NEC 研究院的 Kurt D. Bollacker 等人为搜索引擎 CiteSeer 增加了个性化推荐功能, 将 CiteSeer 个性化; 这一年, 清华大学的路海明等提出基于多 Agent 混合智能实现个性化推荐。2001 年, 纽约大学的 Gediminas Adomavicius 和 Alexander Tuzhilin 实现了个性化电子商务网站的用户建模系统; NEC 研究院的 Eric Glover 等人提出了个性化元搜索引擎原型系统 Inquirer 2。我国也广泛开展了对个性化服务的研究, 提出了一些原型系统。清华大学的冯翱等人提出了基于 Agent 的个性化信息过滤系统 Open Bookmark; 南京大学的潘金贵等人设计并实现了个性化信息搜集智能体 DOLTRI-Agent。

近年来, 个性化服务逐渐从学术研究走向实际应用, 成为业界的热点概念。今后研究的重点应在: 多媒体信息支持、多媒体数据模型和检索方法; Mobile Agent 更复杂的应用; 用户模型和更精细的学习方法; 将适应环境的 Agent 作为体系结构的补充; 更具人性化的用户界面; 语义的捕捉等。

6 结论

用 MAS 方法构建个性化信息检索 Agent 提供了灵活性和分布式计算的能力, 同时便于发展和研究。本文介绍了一个 Multi-Agent 体系结构——Geneva 和建立在它之上的信息检索 Agent-Calvin。我们可以利用 MAS 提供的灵活性和分布计算的优点, 处理安全, 合作和复杂性的问题。

随着网络环境的日益复杂, 具有更强适应性和学习能力的

Multi-Agent 信息检索系统的需求会变得日益突出, 它将更加精确地满足用户对个性化信息的需要。它面临的问题有:

- (1) MAS 中学习成功的协商和协作策略;
- (2) Agent 的适应性何时对系统有害或有利;
- (3) 多个信息 Agent 间的合作行为如何有效发展;
- (4) 在开放的环境中, 用于知识发现、表示和维持的哪些方法是最适合的。

在信息 Agent 系统中, 机器学习的各种技术是很有用的。最流行的学习方法类型, 可以从神经网络学习中的 Q—学习和基于示例的推理, 直到遗传算法的学习。如:

指导学习。由 Agent 收到的用户的反馈, 用于指派某个希望的活动; 这个希望的活动将尽可能近地与学习目标相匹配。

非指导学习。这种情况是无用户的反馈, 而是通过自组织的过程、学习目标来发现有用的和希望的活动。

再励学习。通过用户的反馈来说明 Agent 执行的活动的效用, 学习的目标就是如何将这种效用最大化。

今后的工作将把各种学习算法以及各种信息技术应用于 MAS 中, 比较各种方法的效用, 找出最适合的那些方法, 以提高系统的精确性和效率, 更好地满足用户的需要。

参考文献:

- [1] ravis Bauer-David B Leake . Calvin : A Multi-Agent Personal Information Retrieval System[EB/OL] . <http://www.cs.Indiana.edu/~trbauer/papers/agents02>, 2002.

- [2] M Klusch . Information Agent Technology for the Internet : A Survey [J] . Data & Knowledge Engineering, 2001, 36(3) : 337-372.
- [3] Keith L Clark , Vasilios S Lazarou . A Multi-Agent System for Distributed Information Retrieval on the World Wide Web[C] . Proceedings of the 6th Workshop on Enabling Technologies Infrastructure for Collaborative Enterprises (WET-ICE '97) , 1997. 87-93.
- [4] Tsvi Kuflik , Peretz Shoval. Generation of User Profiles for Information Filtering Research Agent[C] . Proceedings of the 23rd Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval(SIGIR 2000) , SIGIR-2000, 2000. 313-315.
- [5] Suat Ugurlu, Nadia Erdogan. An Agent-based Information Retrieval System[C] . Proceedings of the 1st International Conference of Advances in Information Systems(ADVIS-2000) , 2000. 429-436.
- [6] Bin Ling, Colin Allison . An Agent-based Knowledge Sharing Model for Information Retrieval on the Internet[C] . Proceedings of the 3rd International Conference on Enterprise Information Systems(ICEIS-2001) , 2001. 1118-1125.
- [7] 董红斌, 石纯一. 移动 Agent 技术研究[J] . 计算机科学, 2000, 27(4) : 58-61.
- [8] 董红斌, 孙羽. 多 Agent 系统的现状与进展[J] . 计算机应用研究, 2001, 18(1) : 54-56.

作者简介:

侯薇(1973-), 女, 黑龙江望奎人, 硕士研究生, 主要研究领域为多 Agent 系统; 董红斌(1963-) 男, 河北唐山人, 副教授, 硕士生导师, 主要研究领域为分布式人工智能应用基础。

(上接第 57 页) J2ME 参考实现的基础上来实现的, 并进行了实际测试用例的性能分析工作。限于篇幅, 从中选取了部分操作的性能数据, 如表 1 所示。测试是在运行于 x86 PC 工作站的 Linux 操作系统上进行的, 工作站装备了 1GHz 主频的 Celeron CPU 和 512MB RAM。从性能测试的结果来看, 采用了优化技术实现的 Java 虚拟机的性能比参考实现获得了明显的提高。

表 1 性能比较

操作类型	循环执行次数	执行时间(ms)	
		J2ME 参考实现	优化后
访问字节数组	3 200 000	2 749	1 398
字节数据加法运算	3 200 000	853	452
串比较	800 000	245	190
异常处理	6 400 000	2945	2 297
对象之间的转换	6 400 000	1 527	767
整型到字节型转换	6 400 000	1 238	611
整型到长整型转换	6 400 000	1 234	703

5 结束语

普遍认为, Java 是能够适应普适计算的关键技术, 并已经在目前的智能手机等移动终端领域形成了比较广泛的应用需求。由于普适计算终端的多样性和资源有限性, 要使 Java 能够适应普适计算的需要, 需要对 Java 进行一定的性能优化, 以降低 Java 对资源的需求, 满足更广泛普适应用的需要, 并有效降低 Java 应用的功耗情况, 使普适计算终端进行电子商务、电子银行和 3D 游戏等复杂应用成为可能。

本文详细分析了基于线索化方法的解释器优化技术, 并在 Java 虚拟机中实现了基于直接线索化的解释器优化方案。文中对 Java 虚拟机的直接线索化优化方案进行了详细描述, 并采用了字节码替换、提高 CPU 指令 Cache 命中率等执行时间

优化措施和基于线索化代码的存储空间优化技术。通过性能对比, 说明了优化后的 Java 虚拟机解释器的性能得到了比较显著的提高, 并正在用于实际的智能手机产品应用。为进一步提高性能, 也正在考虑把部分对整体性能影响较大的内容通过芯片掩膜的方式来实现。通过性能优化, 使 Java 能更好地适应普适计算的发展, 进一步拓宽了 Java 的应用范围。

参考文献:

- [1] andy H Katz. Adaptation and Mobility in Wireless Information Systems [J] . Adaptation and Mobility in Wireless Information Systems, 1995, (1) : 6-17.
- [2] Gregory D Abowd, Elizabeth D Mynatt. Charting Past, Present, and Future Research in Ubiquitous Computing[J] . ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2000, 7(1) : 29-58.
- [3] Brian D Noble. Mobile Data Access[DB/OL] . Carnegie Mellon University. <http://www.cs.cmu.edu/afs/cs/project/coda/Web/docdir/bnoble-thesis.pdf>, 1998.
- [4] C H Moore, et al. FORTH: A Language for Interactive Computing [DB/OL] . http://www.ultratechnology.com/4th_1970.html.
- [5] James R Bell. Threaded Code [J] . Communications of the ACM, 1973, 16(6) : 370-372.
- [6] Ian Piumarta, Fabio Riccardi. Optimizing Direct Threaded Code by Selective Inlining [C] . SIGPLAN Conference on Programming Language Design and Implementation , 1998. 291-300.
- [7] R Radhakrishnan, et al. Execution Characteristics of Just-in-time Compilers[R] . Technical Report TR-990717-01, Department of Electrical and Computer Engineering, University of Texas at Austin, 1999.

作者简介:

李允(1971-), 男, 重庆人, 博士, 主要研究方向为普适计算、嵌入式系统及其应用; 罗蕾(1967-), 女, 四川成都人, 教授, 主要研究方向为嵌入式系统及其应用; 雷昊峰(1976-), 男, 硕士; 熊光泽(1938-), 男, 教授, 博士生导师。