

◎工程与应用◎

智能家庭系统中的烹饪助手服务

陆寅¹, 苗克坚¹, 李战怀¹, 魏珂²LU Yin¹, MIAO Ke-jian¹, LI Zhan-huai¹, WEI Ke²

1.西北工业大学 计算机学院, 西安 710129

2.陕西省旅游学校, 西安 710075

1.Computer Science School, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710129, China

2.Shaanxi Provincial Tourism School, Xi'an 710075, China

E-mail: edwardlane@mail.nwpu.edu.cn

LU Yin, MIAO Ke-jian, LI Zhan-huai, et al. Cooking assistant service in smart home. *Computer Engineering and Applications*, 2009, 45(36): 189-192.

Abstract: In order to facilitate residents in smart homes, Smart Cooking Assistant Service (SCAS) is developed to give hint during cooking process. Recipes of dishes matched by names are automatically mined via internet, and ontology of cooking stuffs and Chinese dishes is created and updated by the service. If no matches can be found, dish name is resolved by a NLP toolkit so that a proposed spice list can be built based on the ontology. Finally, hints of sprinkling spices are provided via UI integrated to the spice rack so as to achieve affordance and reduce interaction effort.

Key words: ubiquitous computing; ontology; semantic web; Natural Language Processing (NLP); smart-home; cooking

摘要: 面向智能家庭环境中的厨卫应用, 基于情境感知计算框架研发了智能烹饪助手服务(Smart Cooking Assistant Service, SCAS), 在烹饪过程中向用户提供信息提示服务。SCAS 建立并维护关于中餐家常菜系的烹饪知识本体模型; 在运行过程中综合运用语义网搜索、自然语言解析等技术, 识别菜单中的菜品名称, 并通过互联网自主搜索烹饪配料表, 完善烹饪知识模型; 最后通过具有功能直观性的调料盒人机界面显示提示信息, 降低了人机交互开销, 提高普适计算服务的隐藏性。

关键词: 普适计算; 本体; 语义网; 自然语言处理; 智能家庭; 烹饪

DOI: 10.3778/j.issn.1002-8331.2009.36.055 文章编号: 1002-8331(2009)36-0189-04 文献标识码: A 中图分类号: TP391; TP334

1 简介

烹饪是任何一个家庭都不能避免的日常活动之一。然而, 烹制一桌色香味俱佳的美食却是一项细致繁复的系统工程。以一套四菜一汤的传统中餐为例, 如果没有预先准备, 就需要经过筹备、配菜、烹饪三个阶段, 前后两个小时才能上桌, 用到的食材、调料多达十几种。在这样一个复杂的过程中, 如果遇到不熟悉的菜式或者受到干扰, 就难免失手, 出现误放或是漏放调料的情况。

该文在智能家庭环境中实现了智能烹饪助手服务(Smart Cooking Assistant service)。服务在筹备阶段获取用户编辑的菜单, 自主进行菜谱搜索与解析, 取得菜品的配料表, 进而在烹饪阶段获取提示用户投放调料。

2 普适计算服务的隐藏性与易用性

智能家庭是普适计算理论与技术的应用成果之一。分布在

智能家庭环境中的嵌入式计算机通过网络与各类传感器构成一个统一整体, 感知运行环境的变化与家庭主体的状态, 调整系统的运行状态, 以适应主体的行为^[1]。智能家庭系统提供的各种情境感知计算服务有着明确的经济性与舒适性需求。在 Mark Weiser 的讲座^[2]中, 对比分析了普适计算系统与基于中间件的计算机辅助系统, 强调了普适计算服务的隐藏性与易用性。普适计算服务通过情境上下文感知主体的行为, 识别主体活动并提供适当服务, 期间需要尽量减少与用户的交互。如果主体为使用服务付出的劳动超出了服务的实际收益, 那么主体很可能放弃服务。普适计算服务本身不能对主体的行为构成干扰, 计算结果的展现(输出)需要根据主体的状态与行动选择适当的媒体与形式。如果主体为理解计算结果而过度分散注意力, 进而影响到活动的顺利完成, 那么很可能忽略计算结果。

目前开展的智能家庭研究课题主要集中在普适计算架构体系结构、智能化硬件设施研发、情境上下文处理服务方向

基金项目: 国家高技术研究发展计划重点项目(863)(the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2009AA011900)。

作者简介: 陆寅(1975-), 男, 博士研究生, 主要研究领域为普适计算, 语义网; 苗克坚(1962-), 男, 博士, 教授, 主要研究领域为普适计算, 嵌入式系统; 李战怀(1961-), 男, 博士, 教授, 主要研究领域为数据库理论, 普适计算; 魏珂(1980-), 女, 讲师, 主要教研领域为英语语言文学, 文化遗产与旅游, 饮食文化。

收稿日期: 2009-09-14 修回日期: 2009-10-16

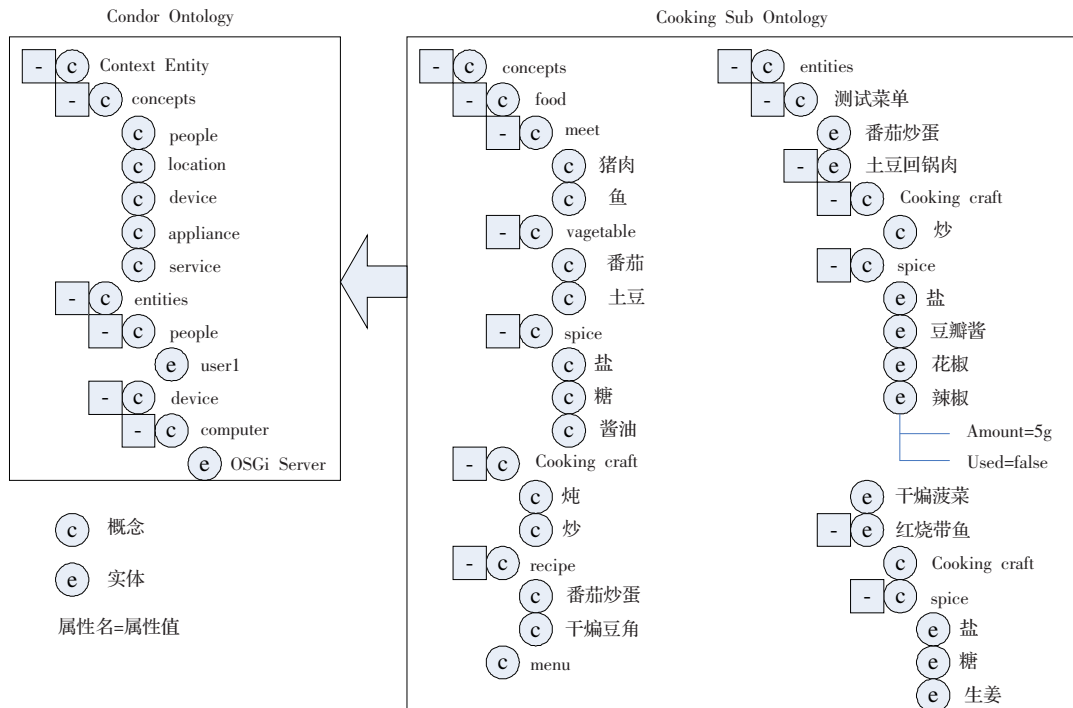


图1 中餐家常菜系烹饪知识本体模型

上^[3-5], J.C. Augusto 针对这一情况分析了人工智能研究成果在主体行为识别方面的应用前景, 为计算过程的隐藏性提出了有益的建议^[6]。在 SCAS 中, 采取了以下措施减轻人机交互负担, 减少服务对用户的干扰:

(1) 菜名关联的配料表发现: SCAS 应用语义网技术通过互联网搜索并解析菜谱, 而不依赖于用户编辑, 降低了用户服务的开销。用户在烹饪筹划阶段在系统中建立菜单, 服务根据菜品名称搜索菜谱, 并解析出菜品主材、辅料及配料表。如果菜名匹配失败, 作为后备手段, SCAS 对菜品名称进行语义分析, 在系统知识库中进行搜索, 从而取得建议性的配料表;

(2) 功能可视性输出用户界面: 视觉信号在诸多感官信号中具备最高的直观性, 而作为高级思维活动的语言文字信息阅读与解析则要耗费大量脑力劳动。SCAS 放弃显示器等传统的显示设备, 通过对调料盒的改装, 形成具备功能可视性的信息输出用户界面, 兼顾了用户使用习惯, 降低了信息获取的代价。

3 烹饪知识的本体模型

SCAS 基于一个智能空间中的情境感知计算框架^[7]实现, 采用本体模型记录系统中的概念与实体, 以便进行情境上下文推理。SCAS 为框架中的 conon 模型扩展了烹饪子类, 包含食材、调料、烹制方法、菜品、菜单五个分支, 前四者用于记录与中餐烹饪有关的知识, 菜单分支则记录关于烹饪的情境上下文信息, 用于烹饪过程管理。模型结构如图 1 所示。烹饪模型采用 OWL 语言描述, 存储在 MYSQL 数据库中^[8-9]。除了本体模型本身具有的包含、等价关联关系外, SCAS 还定义了烹制工艺、常用调味料等关联关系, 如表 1 所示。这些关系描述了食材、菜品、调料之间的常见的搭配关系, 与概念和实体一起构成了完整的烹饪知识库。

图 1 左侧是 conon 模型高层结构, 右侧是 SCAS 扩展的烹饪知识分支, 其中实体类型下包含了一则四菜一汤的中餐菜单

表 1 烹饪知识本体模型中的关系

关系名称	涵义	定义域	值域	对称关系
cdr:adaptSpice	适用的调味料	cdr:food; cdr:cookingCraft	cdr:spice	cdr:spiceOf
cdr:adaptCraft	适用的烹饪工艺	cdr:food	cdr:cookCraft	cdr:craftOf
cdr:includeMaterial	包含食材	cdr:recipe	cdr:food	cdr:materialOf

实例。每一份菜单实体都有自己的属性, 如创建时间等, 并包含一个菜品实体列表。菜品实体则下辖烹制工艺、食材、调味料三类实体。其中食材与调味料实体的属性包含了此类物品的投放数量与投放状态。SCAS 的目前版本中, 仅使用了调味料类实体的属性。

4 配料表搜索

SCAS 在取得用户定制的菜单后, 对其中每道菜品进行配料表搜索和解析。服务采用了三种途径获取菜品的配料表: 直接匹配、网络搜索、语义解析。

4.1 直接匹配

SCAS 首先以菜品名称为索引在系统维护的烹饪知识本体模型中匹配搜索相应的配料表。服务以 RDQL 语言向系统提出查询申请, 得到菜品对应的配料表。例如查询菜品“番茄炒蛋”的配料表, RDQL 语言查询请求和结果集如下:

```
SELECT
    ?spice
WHERE
    (?spice <rdf:type> cdr:spice)
    (?recipe <cdr:includeMaterial> ?spice)
    (?recipe="番茄炒蛋")
```

盐, 糖, 味精, 胡椒粉

4.2 网络搜索

如果数据库中不存在指定菜品的烹饪菜谱, SCAS 转而通

过互联网搜索菜品烹制方法。该文选用“天天美食网”(http://www.2466.com)的家常菜谱作为数据源。“天天美食网”是由深圳爱康在线科技有限公司经营的开放性网站,搜集整理了各色中餐菜谱。网站文档格式规范,菜谱严格按照口味、工艺、主料、辅料、调料、烹制步骤的格式编排,这就为该文采取普通的文本分析手段获取菜品烹饪知识提供了可能。以菜品“土豆回锅肉”为例,天天美食网上的烹饪菜谱组织形式如表2所示:

表2 土豆回锅肉菜谱

工艺	炒
主料	土豆(黄皮)200克,猪肉(肥瘦)300克
辅料	青蒜 15克,柿子椒 60克
调料	豆瓣酱 25克,大葱 15克,姜 10克,料酒 15克,鸡精 2克,盐 5克,白砂糖 5克

SCAS 通过 http 服务获得菜谱网页的源代码,通过关键字搜索解析出菜品烹制工艺和配料表,最后进行字符串解析,获取具体的调料与投放数量。完成菜谱解析后,SCAS 更新烹饪知识本体模型,增加新获取的菜品及其烹饪知识。

4.3 语义解析

如果网络搜索未果,SCAS 将直接对菜品名称进行自然语言解析,在知识库中查找匹配,搜索类似菜品烹制方法。

经观察发现,尽管中餐菜谱中会出现一些比较费解的菜名,但是家常菜系的名称却常常能够准确反映菜品的食材与烹制工艺,并且构成一个主谓宾结构的动词短语(常有省略谓动词的情况)。对天天美食网的家常菜谱进行的统计结果表明,此类名称超过 96%。在这样一个菜名中,主语通常对应了菜品的主材,谓语表明了烹制工艺,而宾语则对应了辅材,如“番茄炒蛋”,表明了本菜品主材是“番茄”,加工工艺是“炒制”,而辅助材料为“蛋”。

SCAS 使用了 ALIAS 组织的 LingPipe 工具包^[10]对菜单中的菜品名称进行语法分析,将其分解为主谓宾结构。LingPipe 引擎使用自研的训练集初始化,数据来自天天美食网家常菜食谱,包含 4 237 条符合主谓宾结构的数据。经人工编辑,按照文[11-12]中所述格式排列,每条菜名占用一行,主材、工艺、辅材之间用空格分离。如果分解操作能够成立,则能够解析出菜品的主材、工艺和辅材(根据统计结果,如主语缺失,则宾语构成主材;如谓语缺失,默认工艺为炒制),然后分别对主材和烹制工艺搜索两者常用的配料表,进行整合后剔除非常用调料,最终得出一份建议的配料表。

以菜品“红烧带鱼”为例,LingPipe 函数处理结果如表3。根据语义分析结果,“红烧带鱼”的主材为“带鱼”,烹制工艺为“红烧”。分别以主材和工艺为索引搜索到的常用调料表 $R_{\text{红烧}}$ 、 $R_{\text{鱼}}$ 以及菜品配料表 $R_{\text{红烧带鱼}}$,如表3所示。

表3 菜品名称分析及配料查询结果

菜名分解结果	主语=“”;谓语=“红烧”;宾语=“带鱼”
配料表查询结果	$R_{\text{红烧}}=\{\text{盐,糖,酱油,大茴香,桂皮}\}$ $R_{\text{鱼}}=\{\text{盐,姜,料酒}\}$ $R_{\text{红烧带鱼}}=R_{\text{红烧}} \cup R_{\text{鱼}}=\{\text{盐,糖,酱油,大茴香,桂皮,姜,料酒}\}$

5 信息输出

“功能可视性”^[13-14]是指物品的外观特征能够明确反映物品的实际功能与使用方法,这是一个与应用范畴、使用习惯密切相关概念。具备功能可视性的器材、工具,也许并不是完成某项工作的最佳选择,却往往因为外观带来的强烈暗示,最容易引起用户的注意,成为用户寻求某项用具时的思维焦点。在节奏紧凑的烹饪过程中,显示器恰恰不是具备功能可视性的信息输出设备,而且忙碌中的用户也没有时间与精力去阅读和理解显示器上的图形与文字信息。为此,SCAS 没有选择独立显示设备作为信息输出终端,而是将提示信息叠加在具备功能可视性的常用烹饪设施上。

SCAS 对一组调料盒进行了改装,在每只调料盒底座上安装了压力传感器、群组指示灯(Group Led, GLed)、状态指示灯(Status Led, SLed),并增加了一只计数开关。GLed 有效,表明这种调料在当前菜品的配料表内;SLed 有效表明这种调料还没有被投放。服务运行过程中,根据计数开关的输出值判断用户正在烹饪菜单中的第几道菜肴,依据菜谱中的配料表使调料盒的 GLed 和 SLed 同时有效。在用户投放调味品后,压力传感器检测到调料被消耗,则熄灭 Sled,表明该调料已经投放过。SCAS 通过单总线网络控制调料盒,采用 AT89C2051 单片机实现了单总线控制器,控制器通过 RS232 接口与 OSGi 控制计算机通信。单总线电路设计原理参见前期工作^[15]。SCAS 硬件系统结构图如图2所示,系统使用了控制器的4条总线通道,分别用于压力传感器总线(Pressure Bus)、群组指示灯总线(GLed Bus)、状态指示灯总线(SLed Bus)和计数开关总线(Switch Bus)。其中压力传感器采用了 MPX4115^[16],压力传感器总线接口采用了 DS2438^[17],指示灯总线采用了接口芯片 DS2413^[18],计数开关总线采用了单总线 RAM 芯片 DS2401^[19]。

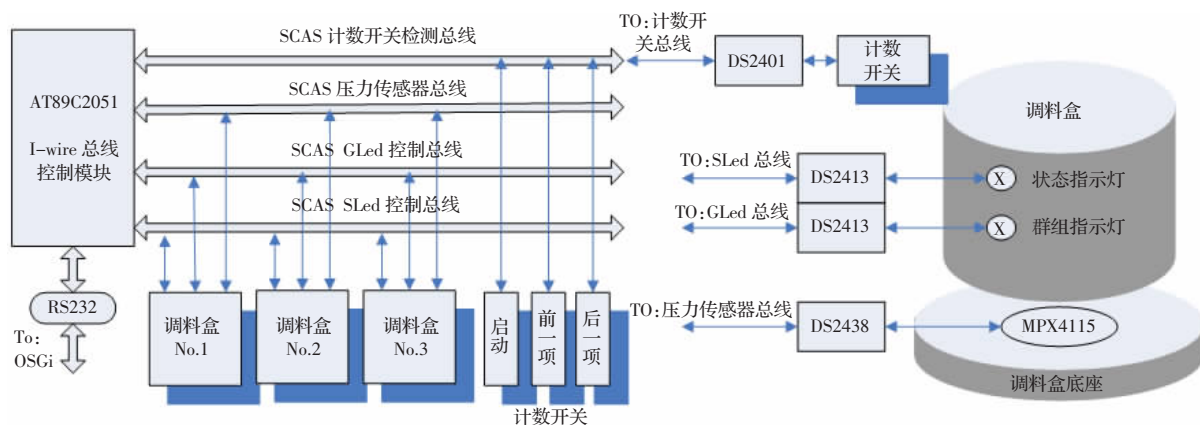


图2 SCAS 信息输出界面硬件系统结构图

6 系统实现与测试

6.1 系统结构

SCAS 基于一个 OSGi 平台上的情境感知计算框架^[7,15]实现, OSGi 服务器采用 Intel Dual Core T2250 级别台式机, 提供 1 个 100 M LAN 接口及 1 个 RS232 接口。1-wire 总线控制器及 SCAS 的调料盒系统结构如图 2 所示。SCAS 软件包以烹饪知识上下文本体模型为核心, 由 6 个子模块组成:

(1) 菜单编辑 UI: 通过 OSGi 的 http 服务, 向用户提供一个基于浏览器的用户界面, 用于编辑菜单。服务根据用户提交的内容生成菜单实体对象, 并更新系统的情境上下文。

(2) 菜谱挖掘服务: 实现了第 2 章所述的三种菜单内容挖掘算法, 在检测到菜单本体模型更新事件的时候启动, 搜索菜单中菜品的烹制方法与配料表, 并根据搜索结果更新情境上下文。

(3) 单总线数字量输入服务: 检测 Switch Bus 上开关状态, 并据此更新情境上下文。需要使用数字量输入的其他应用服务向计算框架提交上下文推理规则, 由框架在数字量输入服务更新上下文时启动推理过程, 生成服务所需的高层上下文。

(4) 单总线数字量输出服务: 此服务管理 GLed Bus 和 SLed Bus 上的开关量输出。服务不关联任何情境上下文更新事件, 但是提供调用接口, 以便其他高层应用服务控制开关状态。服务向系统提交开关状态上下文。

(5) 单总线压力检测服务: 管理 Pressure Bus 上的压力传感器, 在压力变化时更新情境上下文。需要使用压力传感器的高层应用通过提交上下文推理规则将其转换成所需的高层上下文。

(6) 烹饪助手服务: 此模块是 SCAS 的高层应用服务。烹饪助手服务向框架提交两套推理规则, 将数字量开关状态上下文转换成烹饪过程控制指令上下文, 将调料盒上的压力传感器数据转换为调料盒重量上下文。此外服务还通过单总线数字量输出服务控制调料盒上的群组指示灯、状态指示灯开关状态。服务的控制逻辑在实验部分中结合具体测试用例说明。

6.2 测试、结论与展望

系统测试用例如图 1 中菜单类实体“测试菜单”。用例包含“番茄炒蛋”、“土豆回锅肉”、“干煸菠菜”和“红烧带鱼”四道菜品。系统本体模型中已存储“番茄炒蛋、干煸豆角、清蒸鲈鱼”的完整菜谱, “煎、炒、炖、蒸”等烹制工艺及其常用配料, 常用肉类、鱼类、蛋、禽、蔬菜等常见食材及烹饪香料的知识。

完整的测试周期包含烹饪过程的筹备和烹饪阶段, 配菜阶段略过。测试开始时, 用户通过浏览器用户界面建立测试菜单, SCAS 立即对菜谱包含的四道菜品进行配料分析, 其中“番茄炒蛋”直接在知识库中搜索, “土豆回锅肉”需要通过互联网搜索, 后两道菜在测试用例程序编码中强制设置采用菜名语义解析方式搜索匹配。详细的过程分析参见第 3 章例子。

菜单输入后, 进入烹饪阶段。用户按动“启动”开关, 通知 SCAS 烹饪过程开始。SCAS 选中测试菜单中第一道菜品, 根据其配料表初始化调料盒指示灯, 点亮盐、糖、胡椒粉、味精四味调料的群组指示灯和状态指示灯。在用户投放这四种调料后, SCAS 检测到调料重量变化, 认定用户已投放了调料, 熄灭状态指示灯。番茄炒蛋烹制完毕后, 用户按动“下一道”开关, 切换到土豆回锅肉的烹制程序, SCAS 重新初始化群组指示灯和状态指示灯。

SCAS 目前只能在烹饪的烹制阶段提供信息提示服务, 而对于菜单的编制、烹饪计划的制定不能提供丝毫帮助。烹饪知识库的建立、菜单的建立还依赖手工编辑, 达不到“隐含的计算”这一目标。服务的知识库内容还不够丰富, 对于非直观的菜品名称还不能甄别处理。在下一阶段的完善工作中, 预备与冰箱等智能家电结合, 增加食材仓储管理和菜单自动编辑功能, 协助用户编制烹饪计划。此外, 需要完善网络搜索与菜谱分析程序, 对开放资源中的中餐菜谱进行知识挖掘工作, 丰富 SCAS 的本体知识库, 以提高菜品识别率和服务可用性。

参考文献:

- [1] Aldrich F K. Smart homes: Past, present and future: Inside the smart home, Chapter 2[M]. London UK: Springer, 2003: 17-39.
- [2] Weiser M. Does ubiquitous computing need interface agents? No[C]//Mit Media Lab Symposium on User Interface Agents, Oct 1992. [2008-07-06]. <http://www.ubiq.com/hypertext/weiser/Agents.ps>.
- [3] Independent living for persons with disabilities and elderly people[C]//Mokhtari M. Assistive Technology Research Series. Proceedings of 1st International Conference on Smart Homes and Health Telematics (ICOST2003), Paris, France, 2003. Paris, France: IOS Press, 2003: 12.
- [4] Toward a human friendly assistive environment[C]//Zhang D Q, Mokhtari M. Assistive Technology Research Series. Proceedings of 2nd International Conference on Smart Homes and Health Telematic, ICOST2004, Singapore, 2004. Singapore: IOS Press, 2004: 14.
- [5] From smart home to smart care[C]//Giroux S, Pigot H. Assistive Technology Research Series. Proceedings of 3rd International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST2005), Sherbrooke, Canada, 2005. Sherbrooke, Canada: IOS Press, 2005: 15.
- [6] Augusto J C, Nugent C D. Smart homes can be smarter in J C Augusto's designing smart homes: The role of artificial intelligence[M]. 2nd ed. Berlin, Allemagne, German: Springer, 2006.
- [7] Lu Yin, Miao Ke-jian, Zhang Da-qing. Providing continuous service in context-aware computing system[C]//Augusto J C. Smart Homes and Beyond. Proceedings of 4th International Conference on Smart Homes and Health Telematic (ICOST2006), Belfast, UK, 2006. Belfast, UK: IOS Press, 2006: 371-374.
- [8] Magkanaraki A. Ontology storage and querying: Foundation for research and technology, No.308[R]. Hellas, Norway: Information System Laboratory, Institute of Computer Science, 2002.
- [9] Gutierrez C, Hurtado C, Mendelzon A O. Foundations of semantic web databases[C]//Symposium on Principles of Database Systems Archive. Proceedings of the Twenty-third ACM SIGMOD-SIGACT-SIGART Symposium on Principles of Database Systems, Session of Data Exchange, Paris, France, 2004. New York, NY, USA: ACM, 2004: 95-106.
- [10] Alizs-i. LingPipe[EB/OL]. Brooklyn, NY, USA: Alizs-i (1999) of Baldwin Language Technologies, 2004. [2008-05-12]. <http://alias-i.com/lingpipe/>.
- [11] Carpenter B. Character language models for Chinese word segmentation and named entity recognition[C]//Association for Computational Linguistics. Proceedings of the 5th SIGHAN Workshop on Chinese Language Processing, Sydney, Australia, 2006. New York, USA: Alias-i Inc, 2006: 169-172.
- [12] 北京大学计算语言学研究所. 现代汉语语料库加工规范—词语切分与词性标注[EB/OL]. 北京: 北京大学计算语言学研究所, 1999. [2008-03-18]. http://www.sighan.org/bakeoff2005/data/pku_spec.doc.