

基于约束的旅游推荐系统的研究与设计

王显飞, 陈梅, 李小天

(贵州大学 计算机科学与信息学院, 贵州 贵阳 550025)

摘要:针对旅游领域的特点和传统推荐技术的应用局限性,提出一种基于约束的旅游推荐系统的设计方案,并对系统的推荐引擎进行了详细设计。系统通过可视化的知识获取工具高效地获取旅游领域知识、推荐规则、个性化规则等知识,使用交互 & 个性化代理以会话式的交互方式逐步地启发用户的偏好和需要,利用多属性效用理论对推荐结果进行排序。相比传统的推荐方法,利用基于约束的推荐技术,能够为用户提供更加准确、个性化的旅游推荐服务。

关键词:旅游推荐系统;基于约束的推荐;约束满足问题;个性化

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2012)02-0141-05

Research and Design of Constraint-Based Travel Recommendation System

WANG Xian-fei, CHEN Mei, LI Xiao-tian

(College of Computer Science and Information, Guizhou University, Guiyang 550025, China)

Abstract: Aiming to the characteristics of the tourism domain and the application limitations of the traditional recommendation technologies, propose a constraint-based travel recommendation system design, and the recommendation engine of this system was designed in detail. In this system, the tourism domain knowledge, recommendation rules, personalization rules and other knowledge were acquired through the visual knowledge acquisition tools, make use of the interaction & personalization agent to elicit the user's preferences and requirements by the conversational interactive approach. Multi-attribute utility theory was employed to rank the recommended results. Compared to the traditional recommendation methods, the use of constraint-based recommendation technology can provide more accurate, personalized travel recommendation service.

Key words: travel recommendation system; constraint-based recommendation; constraint satisfaction problem; personalization

0 引言

旅游服务信息复杂繁多,包括旅游路线、旅游目的地、酒店和旅行社等方面的信息,而国内的旅游服务网站基本上都还停留在简单的信息搜索上,无法满足个性化的用户需求。因此,旅游服务提供商需要提供一个个性化的在线旅游推荐平台,该平台应该能够在线启发用户对旅游服务的偏好和需求,为用户提供一些意见和建议,帮助用户快速找到符合他们的兴趣爱好及要求的旅游服务^[1]。

目前,被广泛应用的协同过滤和基于内容的过滤推荐技术并不能直接应用到旅游领域,因为协同过滤依赖大量的用户偏好方面的历史数据,它们都存在冷启动问题,而且推荐准确度低。旅游领域有其自身的

特点:一个游客不会经常去旅游同一个地方,绝大多数用户的详细的历史旅游信息及其偏好信息是难以获得的^[2];旅游服务不像其他数据结构简单的产品(例如书籍)经常被购买,购买旅游服务有更高的风险,要推荐这些服务,推荐系统必须支持更详细的用户需求的启发,深度领域知识必须被利用以做出更准确和更值得信赖的推荐^[3]。

由于以上原因,基于知识的、会话式的推荐方式更适合应用在旅游领域。基于知识的推荐方法利用领域知识和方法即目的的知识为用户找到合适的推荐结果,所以,不需要用户的历史数据,当然也不存在冷启动问题。会话式的旅游推荐意味着用户可以根据他们对旅游服务的期望来表达他们特定的需求。

1 基于知识的推荐技术

基于知识的推荐方法通常包括基于案例的推荐(case-based recommendation)和基于约束的推荐(constraint-based recommendation)^[4]。采用这两种方法的

收稿日期:2011-06-23;修回日期:2011-09-27

基金项目:教育部“春晖计划”项目

作者简介:王显飞(1987-),男,安徽亳州人,硕士研究生,研究方向为数据库技术与软件工程;陈梅,教授,硕士生导师,研究方向为数据库技术与软件工程。

推荐系统都要求收集当前用户的需求以便为其推荐产品,当没有产品满足用户需求时,系统均提供补救措施,并给出推荐结果的解释(即解释为什么某产品符合用户的需求)。基于案例的推荐方法使用已有的相似解决方案来解决新的推荐问题,系统的核心在解决方案的相似性计算上,所以,领域知识主要依赖于相似性功能的设计^[2]。基于约束的推荐方法显式地定义约束(比如,过滤器约束、兼容性约束等)^[4],把推荐任务看作是解决一个约束满足问题(constraint satisfaction problem, CSP)^[2,4,5-9]的过程,满足约束的候选项(产品)就推荐给用户。基于约束的推荐方法通常被用来为那些不经常被购买的产品领域构建推荐系统,而且产品非常复杂,很多顾客都不能详细地了解其所有的技术特征,例如专用设备、金融服务、电子政务服务或更复杂的产品诸如生成系统等产品领域^[4]。Advisor Suite^[2]、Koba4MS^[10]、CWAdvisor^[5]和 FSAdvisor^[6]这些推荐系统都是基于约束的推荐技术,它们分别被应用在不同的产品领域。旅游服务所包含的信息非常复杂,要求用户投入更多精力在信息的收集和选择上,故本系统采用基于约束的推荐方法。

2 基于约束的旅游推荐系统的设计

基于约束的旅游推荐系统对旅游资源进行有效的整合,以会话的方式在线启发用户的需求,帮助用户克服信息过载,在他们决策过程中给予支持,进而为他们推荐合适的旅游服务信息。图1描述了基于约束的旅游推荐系统的框架。该系统由集成的知识获取环境、GUI生成模块、交互及个性化代理、日志模块、旅游推荐引擎和中心知识库几个部分组成。下面分别对系统的主要功能模块及其相关技术进行介绍。

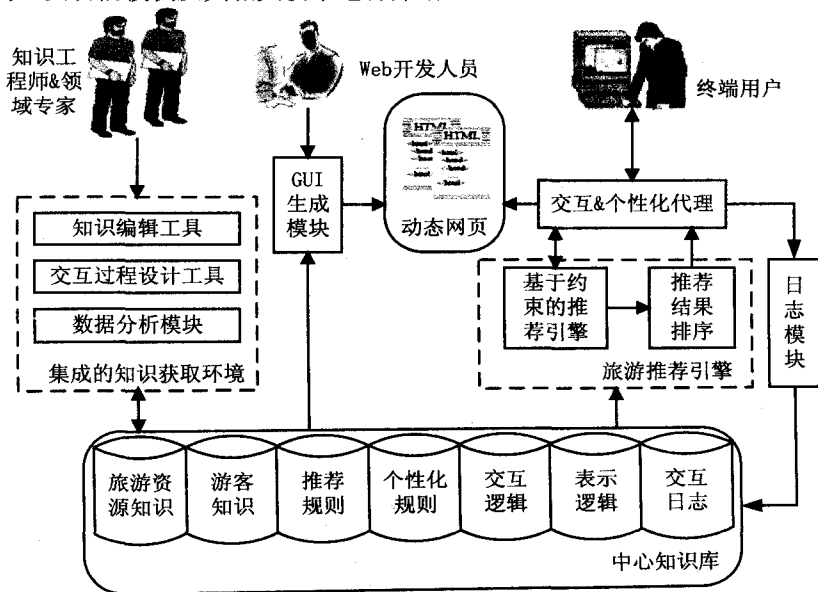


图1 基于约束的旅游推荐系统框架

2.1 集成的知识获取环境

集成的知识获取环境提供了几个可视化的知识获取工具,使知识工程师和领域专家可以方便地定义和获取旅游知识,并对知识库进行更新和维护,是本系统的关键模块。

2.1.1 知识编辑工具

知识编辑工具被用来对旅游知识库进行设计和维护,对知识进行形式化并把它们存储在中心知识库中,这些知识包括:

(1) 旅游资源属性,即旅游资源的结构化描述(例如旅游路线的出发时间、服务标准和其他相关的旅游资源说明),包括旅游景区、旅游线路、酒店、交通等方面的内容。

(2) 游客属性,即游客偏好和需求的描述(例如对话过程中的问题“你想什么时候来贵州旅游?”就是与游客的出游时间相关)。

(3) 各类约束的集合,它包括游客属性之间的约束、旅游资源属性之间的约束、游客属性和旅游资源属性之间的约束。这些约束包含了推荐规则、个性化规则以及表示逻辑等方面的知识。约束可以使用“如果-那么”的形式表示,例如推荐规则“如果游客带着孩子一家人去度假,那么推荐的旅游景点要求包括宠物公园或游乐场”。

2.1.2 交互过程设计工具

交互过程设计工具被用来对用户交互过程进行建模,获取交互逻辑知识,用以支持个性化的用户会话。会话式的交互模型通过一种多步骤、个性化的启发式对话来获取用户的偏好和需求,它克服了简单交互模型的局限性。

图2描述了这两种交互模型。图2左边描述了一个简单的两阶段或三阶段的交互模型,该模型在用户提交其需求之后,立即展示推荐结果;结果的解释依赖于基础推荐算法是否有提供这样的解释的能力。这种简单的“一式通用型(one-style-fits-all)”的用户接口无法满足个性化的用户需求,无法考虑用户知识背景及其检索偏好等。图2右边描述的会话式交互模型包含了几个由问题和对话页面组成的交互序列,实际的交互路径是由当前用户的特征动态确定的;另外,展示给用户的每一个页面的内容都是个性化的,对特定页面的解释或提示也是推荐系统的一部分^[1]。

2.1.3 数据分析模块

本系统集成了一个日志模块,用于记录每一个用户完整的交互历史,这意味着该旅游推荐系统的交互日志要比标准的 Web 服务日志更详细、更结构化,所以,从中可以获得游客及其偏好的重要信息和与系统本身及其有效性相关的信息。数据分析模块利用这些信息,使用统计学分析和数据挖掘技术,对游客、旅游服务以及系统本身的性能进行分析。例如,分析典型的游客概要或游客通常需要哪些服务的组合,这些知识可以被用来调整系统所提供的旅游服务范围;利用与系统相关的信息可以分析:(1)游客是否能接受并使用该推荐系统;(2)该系统是否真的有能力影响游客的购买行为。这对于确定该旅游推荐系统的商业价值是特别重要的。同时该模块还分析游客对特定问题的答案分布和成功完成用户会话的成功率,以及用户偏好之间隐藏的相关性。领域专家和知识工程师利用分析结果更新中心知识库,在一定程度上克服了基于知识的推荐系统所固有的静态的缺点,提高了系统的有效性。

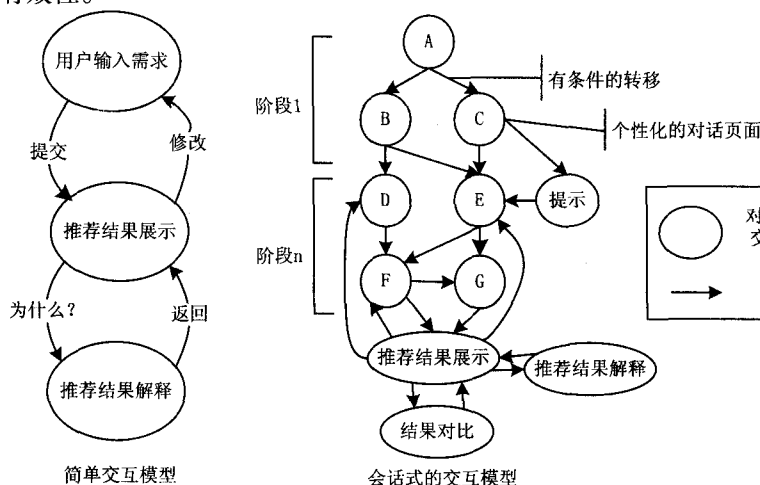


图2 用户交互模型

2.2 GUI生成模块

GUI生成模块使用模板机制,根据中心知识库中的知识生成默认的动态网页,这些动态网页组成了该系统的 Web 应用程序。当知识库出现改变的时候,GUI生成模块保证这种改变会自动地反映在用户界面上。Web 开发人员只需要调整默认的动态网页模板就可以改变用户界面或对其进行扩展。

2.3 交互及个性化代理

交互及个性化代理使用 GUI 生成模块生成的个性化会话页面,以问答的交流方式,通过一系列个性化的问题指导在线用户,逐渐地启发用户的偏好和需求。根据当前的会话情况,对特定的问题或答案会有相应的解释或提示。在对话结束时或当用户觉得已经提供了足够的需求,代理将获得的用户偏好和需求提交给

旅游推荐引擎并将推荐结果及其解释信息展示给用户。另外,在整个会话过程中,代理会把详细的交互信息传递给日志模块,以生成结构化的日志数据。

2.4 旅游推荐引擎

旅游推荐引擎根据用户的偏好和需求以及旅游知识库为用户产生推荐结果,支持推荐结果的解释,并对推荐结果进行排序,是该系统的核心模块。

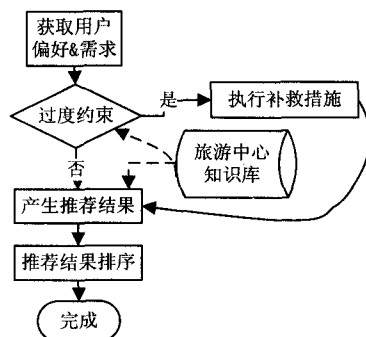


图3 旅游推荐引擎的推荐过程

图3描述了旅游推荐引擎的推荐过程。首先该引擎从交互及个性化代理中获取用户的偏好和需求;接着,检查用户偏好中是否出现过度约束(over-constrained^[7,11])的现象,若是,推荐引擎执行补救措施来计算推荐候选项,若否,则直接根据用户的偏好和需求产生推荐结果;最后,对推荐结果进行排序,以实现个性化的结果展示。

2.4.1 基于约束的推荐引擎

基于约束的推荐方法把推荐问题看作一个约束满意问题(CSP)。一个经典的约束满意问题可以通过元组 (V, D, C) 来表示,其中, V 是一组变量的集合, D 是 V 中变量的非空有限值域的集合, C 是约束的集合,它描述了 V 中变量可同时赋予的值的组合^[2]。一个CSP问题的解是满足所有约束的完全赋值,一个完全赋值指的是每个变量都参与的赋值。所以,推荐问题可以表示成如下的一个CSP:

(1) $V = V_c \cup V_p$, 其中 V_c 是单值或多值的变量集合,表示用户的需求, V_p 是描述项目特征的变量集合;

(2) D 是 V 中变量的值域;

(3) $C = C_p \cup C_l \cup C_f \cup C_o$, 其中, C_p 是 V_p 中变量的约束集合,描述了现有的可推荐项目目录, C_l 是 V_c 中变量的约束集合,刻画了用户的需求, C_f 是过滤器约束集合,包含了 V_c 和 V_p 中的变量,描述了用户需求和项目特征之间的关系, C_o 代表其他的约束集合,可以被用来表示额外的领域知识或对用户兴趣 V_c 中变量

的不一致赋值进行建模^[2]。

启发性举例:用户对旅游路线的需求集合可以使用变量集合 $V_c = \{\text{最高价格, 旅游喜好, 期望的活动, } \dots\}$ 描述, 表 1 描述了一个特定用户的需求 C_i 。

表 1 用户需求示例

最高价格	旅游喜好	期望的房间类别
1000 元	漂流	中等

旅游线路特征集合可以使用变量集合 $V_p = \{\text{路线名称, 价格, 房间类型, } \dots\}$ 来描述, 表 2 表示了可推荐的旅游线路目录 C_p 。

表 2 项目目录示例

路线名称	价格(元)	房间类别	...
逍遥南·爸妈乐之旅	2000	4 星	...
杉木河二日游	400	3 星	...
...

过滤器约束 C_f 如表 3 中的示例所示, 这些约束详细地描述了一种特定的旅游路线应该在哪些条件下被推荐。

表 3 过滤器约束示例

ID	条件	结果
过滤器 1	期望的房间类别 = 中等	房间类别 > 2 \wedge 房间类别 < 5
过滤器 2	期望的活动 = 漂流	杉木河 \in 途径景区
...

表 4 的示例描述了用户需求的不一致性约束, 表示某些特殊需求的组合是不现实的, 这些约束可以加入 C_o 中。

表 4 不一致性约束示例

ID	约束
约束 1	期望的房间类别 = 高 \wedge 最高价格 < 300
约束 2	期望的活动 = 漂流 \wedge 出游时间 = 冬天
...	...

对于一个给定的推荐任务($V_c \cup V_p, D, C_p \cup C_i \cup C_f \cup C_o$)的解决方案就是计算满足($C_p \cup C_i \cup C_f \cup C_o$)中所有约束的 V_c 和 V_p 中变量的完全赋值。如上述的举例中, 满足表 1 的用户需求和其他约束的旅游路线为“杉木河二日游”。

对于许多推荐问题, 可以简化为在给定的用户需求 C_i 下找到 V_p 中的变量的多组不同的赋值, V_p 中变量的每一组赋值就对应一个有效的推荐项。这样的问题求解任务可以通过任何现成的有限域约束求解器进行解决^[2,9]。

当基于约束的推荐系统检测到过度约束(over-constrained)的时候, 即没有满足用户需求的推荐项, “没有适合你的推荐项”这样的结果是用户所不希望

的, 可以采用下面两种方法之一来解决这个问题:

(1) 松弛用户偏好: 即找到满足部分约束的解决方案, 找到最大化成功子查询(Maximum Succeeding Subquery, XSS^[6])或者是诊断冲突集(conflict sets)^[7,12-16]。最大化成功子查询的方法通过删除连接查询中独立的原子查询条件, 以查询出尽可能多的满足约束的候选项。可以使用 conflict-directed^[8]方法来计算一个给定查询的最小松弛(minimal relaxations), 即找到尽可能多地满足用户需要的候选项, 该方法使用 QuickXPlain^[8,11]算法来解决冲突检测问题。QuickXPlain 算法是一种非侵入式冲突检测方法, 使用分而自治的策略, 可以有效地减少冲突检查的次数。

(2) 修改用户偏好: 这种方法可以通过提供折中的方案, 修改用户偏好及其权重, 或者是提供修复活动(repair actions)来完成^[7]。为了给用户找到至少一个解决方案, 需要确定至少要改变哪些用户需求, 修复活动就标识了这些需要改变的用户需求的最小集合。修复活动的计算基于模型诊断^[4,17]的概念, 它通过确定修复活动的一个最小集合(即用户需求的最小改变)来保证至少为用户找到一个解决方案。

2.4.2 推荐结果排序

同样的一组推荐项, 对于不同的用户偏好, 展示的顺序应该是不同的, 这样就可以实现个性化的结果展示。本系统使用多属性效用理论(Multi-Attribute Utility Theory, MAUT^[4,6])为每一个特定的用户计算所有推荐结果的效用, “效用”表示了一个推荐结果适合一组给定的用户需求的程度。该方法根据预定义的一组兴趣维对每一个推荐结果进行评估。

效用值的计算公式:

$$\text{utility}(X) = \sum_{i=1 \dots n} e_i s_i(X)$$

其中, n 表示兴趣维的数量, $\text{utility}(X)$ 表示一个推荐结果的效用, e_i 代表用户在维 i 上的兴趣值, $s_i(X)$ 是产品 X 对维 i 的贡献值。 e_i 的值可以基于打分规则(scoring rule)自动地根据用户需求而得到^[6]。与某一个兴趣维相关的得分不一定只基于一个单一的需求, 可以基于多个需求经过计算而得到。还可以根据用户提供的评价来权衡兴趣维, 进而获得用户的兴趣值。 $s_i(X)$ 的值需要在获取旅游资源知识时定义, 并手动地为每一个旅游资源(旅游线路、景点或酒店等)指定。

3 结束语

与基于传统推荐技术或数据挖掘技术的旅游推荐系统相比, 文中所提出的基于约束的旅游推荐系统不再是传统的对用户行为模式的研究或相似性的计算, 而是集中在 Web 技术和旅游交互决策辅助上, 充分考虑了旅游领域特有的特征和约束, 通过更人性化的、更

灵活的会话式的交互方式来获取用户的偏好和需求,对用户决策过程提供支持,可以考虑特定的用户特征,不需要收集用户的历史旅游信息数据,故不存在冷启动问题,对于非注册用户系统同样可以做出个性化的、准确的、值得信赖的旅游推荐,并给出推荐结果的解释。该系统的设计为满足用户个性化的旅游服务需求提供了通用平台,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] Zhang Mu, Chen Yi. Study on the Recommendation Technology for Tourism Information Service [C]//2009 Second International Symposium on Computational Intelligence and Design. Washington DC: [s. n.], 2009: 410-415.
- [2] Jannach D, Zanker M, Fuchs M. Constraint-based recommendation in tourism: a multi-perspective case study [J]. Journal of Information Technology & Tourism, 2009, 11 (2): 139-155.
- [3] Felfernig A, Gordea S, Jannach D, et al. A Short Survey of Recommendation Technologies in Travel and Tourism [J]. Oesterreichische Gesellschaft fuer Artificial Intelligence, 2007, 25 (7): 17-22.
- [4] Felfernig A, Burke R D. Constraint-based Recommender Systems: Technologies and Research Issues [C]//ACM International Conference on Electronic Commerce (ICEC), 2008. Innsbruck, Austria: [s. n.], 2008: 1-10.
- [5] Felfernig A, Kiener A. Knowledge-based Interactive Selling of Financial Services with FSAdvisor [C]//Proceedings of the 17th Innovative Applications of Artificial Intelligence Conference (AAAI). USA: AAAI Press, 2005: 1475-1482.
- [6] Felfernig A, Friedrich G, Jannach D, et al. An Integrated Environment for the Development of Knowledge-Based Recommender Applications [J]. International Journal of Electronic Commerce, 2006, 11 (2): 11-34.
- [7] Zanker M, Jessenitschnig M, Schmid W. Preference reasoning with soft constraints in constraint-based recommender systems [J]. Journal Constraints, 2010, 15 (4): 574-595.
- [8] 李宏博. 约束满足问题研究及其在配置问题中的应用 [D]. 长春: 吉林大学, 2010.
- [9] 孙吉鬼, 朱兴军, 张永刚, 等. 一种基于预处理技术的约束满足问题求解算法 [J]. 计算机学报, 2008, 31 (6): 919-929.
- [10] Felfernig A, Teppan E. Knowledge-based Recommender Technologies for Marketing and Sales [J]. International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence, 2007, 21 (2): 333-354.
- [11] Junker U. QUICKXPLAIN: Preferred Explanations and Relaxations for Over-Constrained Problems [C]//the 19th National Conference on AI (AAAI'04). [s. l.]: [s. n.], 2004: 167-172.
- [12] 李绍华, 王建新, 冯启龙, 等. Set Cover 和 Hitting Set 问题的研究进展 [J]. 计算机科学, 2009, 36 (10): 1-4.
- [13] 陈晓梅, 孟晓风, 乔仁晓. 基于 BNB-HSSE 计算全体碰集的方法 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (1): 61-67.
- [14] 赵相福, 欧阳丹彤. 可用于诊断产生的计算碰集的新方法 [J]. 吉林大学学报, 2006, 44 (3): 385-390.
- [15] 张立明. 基于一致性诊断中若干问题研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2009.
- [16] 王晓宇. 针对离散事件系统的基于模型故障诊断改进方法的研究 [D]. 长春: 吉林大学, 2010.
- [17] Felfernig A, Isak K, Kreutler G, et al. Knowledge representations for the interactive selling of financial services [J]. Information Systems and eBusiness Management, 2007, 5 (2): 143-166.

(上接第 140 页)

功能及实现方法进行了较为详细地分析和讲解。随着技术的发展,“超级号簿”卡已经广泛应用在智能手机中,它的功能会越来越完善^[11]。“超级号簿”的迅猛发展,是基于中国移动市场庞大的用户群。“有手机,也要有超大容量 SIM 卡”已逐步成为新生代的生活口号,并正在引领通信新时尚,风靡于国内各大城市。

参考文献:

- [1] 钟桂凤. 中国电信“超级号簿”软件体系结构分析与设计 [J]. 硅谷, 2010 (1): 48-49.
- [2] ETSI. TS 131 122 Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) Universal Subscriber Identity Module (USIM) Conformance Test Specification, V6. 4. 0 [S]. ETSI, 2007.
- [3] 蔡柳萍. “超级号簿”的体系结构设计 [J]. 企业技术开发 (学术报), 2010, 29 (9): 36-37.
- [4] 中国电信 CDMA 卡需求规范-超级号簿分册 (v1. 0) [S]. 2008.
- [5] 黄健. 智能卡 COS 的研究与设计 [D]. 广州: 广东工业大学, 2008.
- [6] 中国电信 CDMA 卡需求规范-UTK 应用分册 (v1. 0) [S]. 2008.
- [7] 刘楠. SIM 技术体系和业务研究 [D]. 北京: 北京邮电大学, 2007.
- [8] ETSI. TS102 223 Smart Cards, Card Application Toolkit (CAT), V7. 6. 0 [S]. ETSI, 2007.
- [9] 张鲁国, 马自堂. 实用智能卡操作系统的设计与实现 [J]. 武汉大学学报 (自然科学版), 2006, 46 (3): 309-312.
- [10] ETSI. ETSI TS131. 102 Universal Mobile Telecommunications System (UMTS) Characteristics of the Universal Subscriber Identity Module (USIM) Application, V7. 8. 0 [S]. ETSI, 2007.
- [11] 郭向荣. THC20F17A-D 接触式智能卡芯片用户手册, UM904 beta [M]. 北京: 北京同方微电子有限公司, 2007.