

# 基于 RFID 的校园导航系统的设计与实现

崔金琦 陶先平

(南京大学计算机科学与技术系 南京 230046)

**摘要** 随着 GIS、LBS 技术和移动互联网技术等核心技术的发展,服务于普通大众的个人导航系统成为应用热点。室内行走引导是个人导航系统的核心之一,其中涉及的室内定位技术一直是研究的难点之一。基于固定式 RFID 标签群,生成室内位置地图,将随身移动式 RFID 读写器和个人智能手机相结合,完成室内定位、路径计算和导航提醒。基于上述设计方案,完成了一个基于 RFID 的南京大学校园导航系统,并将其投入了实际使用。

**关键词** 射频识别技术,地理信息系统技术,室内定位,路径计算,移动互联网应用

**中图分类号** TP311 **文献标识码** A **DOI** 10.11896/j.issn.1002-137X.2015.12.020

## Design and Implementation of RFID-based Campus Navigation System

CUI Jin-qi TAO Xian-ping

(Department of Computer Science and Technology, Nanjing University, Nanjing 230046, China)

**Abstract** With the development of GIS technology, LBS technology, mobile Internet technology and other core technologies, personal navigation system that serves the general public has become a hot application. Indoor walking guide is one core of personal navigation system and the indoor positioning technology involved is always one of research difficulties. Based on the fixed RFID tag group, this paper generated an indoor location map, combined portable mobile RFID readers and smart mobile phones and completed the indoor positioning, path computation and navigation warning. Based on the design scheme above, this paper completed a navigation system of campus of Nanjing University based on RFID, and we have put it into practice.

**Keywords** RFID technology, GIS technology, Indoor positioning, Path computation, Application of mobile Internet

据不完全统计,在人们的日常生活中,有 75% 以上的信息属于具有空间位置特性的地理信息。随着现在生活节奏的加快,人们越来越渴求快速准确的实时地理位置信息。这些地理信息不仅仅是当前位置和目的地点,还有相应的其他地理信息,比如路况、道路周围情况,如果是公路,还有路面拥挤程度等。通过这些信息的处理,用户可以很好地了解当前所处位置以及前方道路的相关信息。现代无线传输技术功能的不断增强、移动互联网技术的发展、空间信息和移动通信技术的集成应用以及移动终端性能的日趋完善,为实时地理位置信息提供了技术支持和保障。LBS (Location-based Services) 技术<sup>[1]</sup>的产生、手机应用的普及、移动端的技术发展让 LBS 技术以及导航技术可以被“随身携带”,使其更加快速、方便。

针对上述需求,本文首先分析了导航所涉及的具体研究问题,对导航技术的研究现状进行了总结和分析;在此基础上,提出了基本思路;建立系统结构总框架,根据服务器和客户端进行不同设计和处理。本文完成的工作如下:

第一,本系统采用移动式 RFID 读写器和泛在固定式 RFID 标签进行定位,翻转以往使用 RFID 的模式,使得在室内室外都可以很好地定位,并且比一般模式更加精确和方便,构建系统也相对廉价。

第二,本文使用改进后的 Dijkstra 算法进行路径规划,保证用户的体验,方便用户出行,能够极大地满足用户需求。在导航过程中,对用户进行实时的提醒并纠正路径,使得系统的可靠性提高。

第三,本系统实现了南京大学仙林校区的导航,并对系统进行了测试,展示了系统的运行结果,体现出整体系统的可靠性。

本文第 1 节为相关工作,阐述选取 RFID 作为技术支持的原因;第 2 节介绍系统设计,给出系统的总体设计方案;第 3 节介绍南大的园导航系统实现;最后给出工作展望。

## 1 相关工作

射频识别技术(Radio Frequency Identification, RFID)<sup>[2]</sup>是自动识别技术的一种,即通过无线射频方式进行非接触双向数据通信对目标加以识别。条码的读写距离一般只有几厘米,而电子标签的阅读距离可以达到 10 米以上<sup>[3]</sup>。RFID 通过电磁波传输到射频兼容的集成电路存储和检索数据的方法,现在被视为是提高数据处理流程的快速手段<sup>[4]</sup>。

本系统使用 RFID 来进行定位。RFID 可以在室内室外无差别应用,同时又具有超声波的优点,可以进行较好的定

到稿日期:2015-02-13 返修日期:2015-06-18 本文受国家自然科学基金(91318301,61373011,61321491)资助。

崔金琦(1992-),男,硕士生,主要研究方向为软件工程,E-mail:kingci@126.com;陶先平(1970-),男,博士,教授,主要研究方向为软件 Agent 技术、软件中间件技术、网构软件方法学、普适计算技术。

位。在算法方面,由于本文选择的 RFID 设备刻度区范围较小,大致在 1m 范围内,因此当读取到 Tag 信号时,就认为用户当前处于 Tag 位置,这并不会造成很大的误差,并且可以被接受。本系统使用移动式 RFID Reader 和固定式 RFID Tag 模式。翻转以往使用 RFID 的模式,假设使用以往的模式,就需要在路口处构建 RFID reader,并且在相应的地点都需要有 RFID reader 来确定位置,这样需要相当多的 RFID reader。众所周知,RFID tag 要比 RFID reader 便宜得多,翻转以往的模式让 Tag 固定,给用户手持 Reader,可以大幅节省构建系统的费用。另一方面,如果使用以往的 RFID 模式,Reader 固定,为了节省开支,需要将 Reader 功率调大,这样就会造成较多的冲突和资源浪费,并且对精确度也有影响。

本系统使用的 RFID 读写器是 ATiD AT570 手持终端,RFID 标签使用国产 IC 卡,0.87×85.5×54/非标卡,工作频率为 13.56MHz。手机端读写器采用 Arete POP Plus。

## 2 校园导航系统的设计

本节首先对系统的总体框架进行设计。其次将系统分为服务器端和客户端两个方面来进行介绍,以详细描述系统构建的过程。

### 2.1 总体框架设计

首先对系统整体进行设计。整体而言,用户手机装有本校园导航系统,导航系统可以分为 3 部分:服务器端、客户端和基础设施,其结构如图 1、图 2 所示。



图 1 总体框架

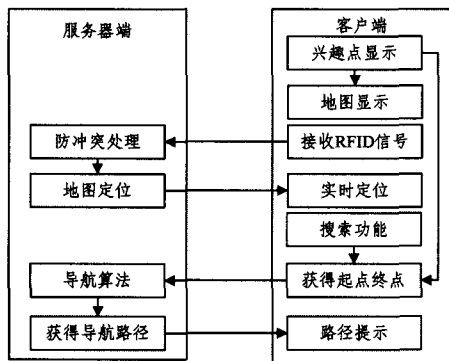


图 2 服务器和客户端结构

### 2.2 基础设施的设计

基础设施的设计即 RFID 标签的设计。RFID 标签是用来唯一标志某一具体物理位置的电子标签,与地图信息库中的某一点具体对应,从而实现物理位置的显示和定位。

标签内的数据编码格式——电子标签的数据存储量可以达到很大,本系统使用的 RFID tag 内部共有 28 位可显示信息位(十进制),前 5 位不可用。

本方案中,选择后  $n$  位进行包含了“室内/室外”、楼层信息、楼梯信息等内容的编码,其中编码方式设计如下:第  $n$  位表示室内室外信息,后  $n-1$  位作为在不同场景下的 ID 信息。

### 2.3 客户端的设计

客户端主要作为用户界面的展示和用户进行交互的功

能,其主要包括兴趣点的显示、地图信息的显示、接收信号进行用户定位、添加搜索功能为用户提供更多的便利、更新起点和终点的坐标,最后进行路径的提示。

#### 2.3.1 兴趣点信息和地图显示

在室外部分,系统中需要首先利用电子地图 API 进行定位,这里电子地图应该能够完全显示大学校园的全貌,其次需要用户的操作和交互性,例如放大、缩小等功能,最后要保证地图显示的正确性。

所有叠加或覆盖到地图的内容,统称为地图覆盖物(Overlay)。兴趣点即在地图上显示出来的红色气泡,用来标记地标性建筑,方便用户查找。地图 API 提供了如下几种覆盖物:Overlay,覆盖物的抽象基类;PoiOverlay,本地搜索图层,提供某一特定地区的位置搜索服务;RouteOverlay,步行、驾车导航线路图层;TransitOverlay,公交换乘线路图层,将某一特定地区的公交出行方案的路线及换乘位置显示在地图上。

在室内部分,地图应该保证包含每层楼的具体信息,这些具体信息可能包括:门牌号、房间内的信息、每层楼的地形信息、厕所等公共设施的位置等。地图的显示同室外。

#### 2.3.2 RFID 读取数据和用户定位

用户定位算法主要包括数据接收、分辨 Tag 位置、实时更新地图这 3 个方面。用户通过安装在手机上的读写器获取用来标志唯一 Tag 位置的编码信息之后,通过防冲突措施的检验,将其传递给手机端的 RFID 数据处理模块;RFID 根据此编码信息,结合地图信息,找出此编码信息对应的电子地图上的具体的地理位置点,进而通过调用电子地图 API 显示模块将其显示在电子地图上。

RFID 标签是无法自我调节无线电传输以避免冲突的简单设备,在读取过程中会出现漏读的问题<sup>[5]</sup>。但因为室内导航有很多的 RFID 标签,并且功率调整较大,漏读出现的几率非常低。但是在 RFID reader 读取的过程中会出现 tag-tag 冲突,即解读器在同时读取多个标签发射回来的信息时会产生标签冲突的问题。此前的研究<sup>[6,7]</sup>提出了时隙 ALOHA 模型来避免冲突。防冲突协议用于在最短的时间调节标签的应答来获得所有可用的标签 ID。防冲突措施为同层只能读取同层 Tag,即使读取到了其他的 Tag 也将其抛弃,不作为可靠的 Tag 显示。其次,由于 Reader 高功率运作,因此对于 Tag 的读取基本准确,可以保证用户以正常步速行走,不会或者很少出现漏读情况,所以我们认为 Tag 编号的更换在一个阈值中不会出现突然性的增大或者减少。最后对于仍然同时读取并且显示多个 Tag,我们认为是合理的,因为室内环境的不同,Tag 可能会贴得比较密集,一次性读取多个 Tag 恰好是证明此处 Tag 密集。

#### 2.3.3 搜索功能

搜索功能主要在于用户使用搜索框时可以给出实时提示并且在目的地下拉框中定位到相应的位置。搜索框的实时提示功能主要是通过实现 AutoCompleteTextView 类来完成,而在下拉框中的定位之前已经在数据库中存储了每个房间在下拉框中的位置,所以只需要在数据库中查找 AutoCompleteTextView 中的字符串并且返回相应下拉框中的 Position 即可。

### 2.4 服务器端的设计

服务器端主要用来接收客户端传来的信息,并且经过一定的处理后返回给客户端,其中主要包括导航算法,接收到客

户端传来的起点终点后根据图结构计算出最简便的路径,同时采用防冲突措施来对接收到的数据进行处理,将不符合常理的数据直接剔除。

由于用户所处位置有所不同,因此需要对 Dijkstra 算法<sup>[8]</sup>进行完善。算法首先对收集到的 Tag 的第  $n$  位进行判断,如果是室外,利用 Dijkstra 算法求得起点和终点的最短路径;室内则和室外有所不同,首先将室内的每个路口都贴上 Tag,每个路口都有 4 个方向,记录下每个方向该路口到下一路口所有房间的信息,根据起点和终点的输入信息,判断他们所在的楼层以及所属于的路口信息,如果同层就直接利用 Dijkstra 算法求得最短路径,如果不同层则需要稍做改动来求得最短路径。算法过程如下:

输入:起点和终点

输出:导航路径

Begin

If(室外)

根据图结构,通过 Dijkstra 算法求得起点到终点的最短路径,进行输出。

Else

If(同层)

根据图结构,通过 Dijkstra 算法求得起点所属路口到终点所属路口的最短路径,进行输出。

路口处根据数据结构中存储的房间方向信息进行方向指导。

Else

起点和终点分别利用 Dijkstra 算法计算到楼梯处的最短路径。

将相应的距离相加获得总距离,取其中最短的作为最佳导航路径,进行输出。

End

### 3 南大校园导航系统的实现

本节根据第 2 节中导航系统的设计,以南京大学仙林校区为例,进行导航系统的实现,主要内容包括以南京大学仙林校区为例的系统服务器端实现,以及系统客户端实现。

#### 3.1 基础设施的实现

根据第 2 节中对 Tag 的描述,设置其中的  $n$  为 5,将 Tag 贴在南大校园中,室外部分首先选择系楼、教学楼、图书馆等标志性建筑,其次选择食堂、篮球场、体育馆等地方,最后还要包括各个路口用于导航;室内部分首先应该在每位老师的办公室,以确定老师的位置,其次是路口,最后是一些公共场所。

#### 3.2 服务器/客户端的实现

系统使用百度地图作为主要的电子地图展示,首先定位到南京大学仙林校区的经纬度,记录下这些数值并在系统中进行初始化,且展示出当前南大校园的大体环境情况。当用户行走到有相应 Tag 的位置时,位于手机端的 RFID reader 会收到来自 Tag 发送的信号,此时系统根据 TagId 以及校园信息库中 Tag 的位置来判断用户此时的位置并调用 API 进行实时显示。

##### 3.2.1 地图显示

在室外部分,每一个 Tag 都应该有数据结构与之对应。数据结构 Vertex 用来表示 RFID Tag,其中包含属性 label 作为 Tag 的名称,属性 num 作为 Tag 编号,属性 isInTree 用来在后续输出中进行判断。

自定义类继承 Overlay,并 Override 其 draw()方法,如果

需要点击、按键、触摸等交互操作,还需 Override onTap()等方法。兴趣点定位采用继承 ItemizedOverlay 基类,并且重写 onTap()方法来完成目标。

在室内部分,图数据结构和室外导航相似,这里需要添加的额外部分是数据库。因为涉及到寻找老师,所以需要把老师姓名和办公室联系起来,本系统使用了 Android 开发中数据库的类 SQLiteOpenHelper,SQLiteOpenHelper 是一个用来管理数据库创建和版本的辅助类。

##### 3.2.2 定位

RFID 读取数据的过程主要包括判断是否插入 Reader、是否开启读取按钮、进行监听这几个方面,其中主要的功能是打开 Reader 装置以及让 Reader 进行持续的监听和读取数据。

开启 Reader 装置,判断是否插入 Reader,如果没有插入则无法开启。调用 Arete POP 提供的 API 接口可以开启 Reader。点击开始按钮,若没有插入 Reader 或者没有 open Reader,都不应该启动系统进行读取;反之系统开始读取数据,调用 Arete POP 提供的 API 接口 startReadtags 开始读取。

对于用户初始位置的设计,本系统默认为校门口,这并不会影响系统的正确性,因为每一次遇到 RFID Tag 时都会实时更新用户的当前位置。当接收到新的用户位置时,我们需要实时更新用户位置信息。在每次接收到数据后(Void onTagReceived(int [] data))调用更新方法,以此来更新地图并且重新刷新显示实时地图。

##### 3.2.3 实现展示

室外主界面如图 3 所示,室内主界面如图 4 所示。

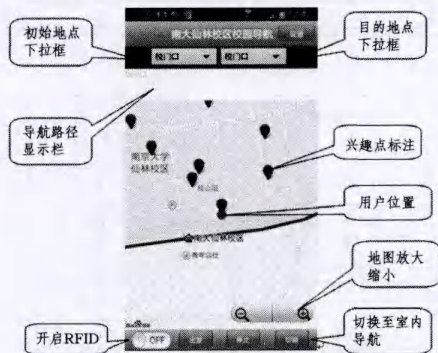


图 3 室外主界面

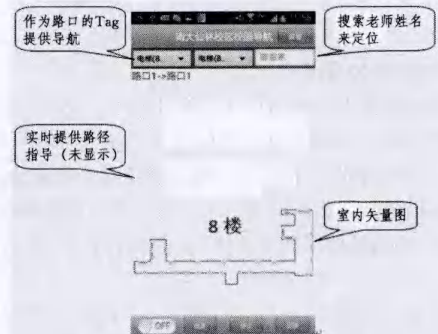


图 4 室内主界面

图 3 展示室外环境的应用,包括地图显示、兴趣点和用户 (下转第 119 页)

直到某个周期的最后一次执行为  $v_i$ 。之后的执行将会重复情况 1, 即 TDMA 模式执行, 如图 7 所示, 此时 VCPU  $v_i$  的  $sbf$  为:

$$\text{当 } t \leq (N-1) \cdot (T+1) \text{ 时,}$$

$$sbf_i^*(t) = \max\{t \bmod (T+1) - (T+1) + W_i, 0\} + \lfloor t / (T+1) \rfloor \cdot W_i \quad (3)$$

$$\text{当 } (N-1) \cdot (T+1) < t \leq N \cdot T \text{ 时,}$$

$$sbf_i^*(t) = (N-1) \cdot W_i + \max\{t \bmod (T+1) - T - N + W_i + 1, 0\} \quad (4)$$

$$\text{当 } t > N \cdot T \text{ 时,}$$

$$sbf_i^*(t) = N \cdot W_i + sbf_i^{TDMA}(t - N \cdot T) \quad (5)$$

其中,  $N = T - k - W_i + 1$ , 表示  $v_i$  最多经过  $N$  个周期后其获得的处理器资源变为 TDMA 模式如图 7 所示;  $k = \lceil (T - W_i) * (W_i - 1) / W_i \rceil$  表示为了保证第一个周期  $T$  的最后一次执行不是  $v_i$ , 那么在初始 UNDER 队列中  $v_i$  可以出现的最早位置是  $k$  (即若  $v_i$  出现在第  $k$  次之前, 则第一个周期的最后一次执行一定不是  $v_i$ , 若  $v_i$  出现在第  $k$  次之后, 则  $v_i$  的  $sbf$  一定优于  $sbf^*$ , 因为  $v_i$  能够更快地变为 TDMA 模式),  $sbf^*$  曲线如图 8 所示。定理 3 证毕。

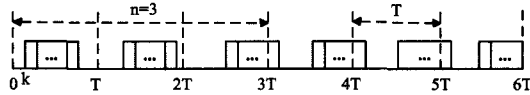


图 7  $N=3$ , 表示经过 3 个周期变为 TDMA 模式

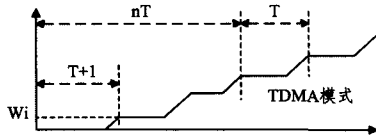


图 8  $sbf^*$  曲线

**结束语** 本文主要研究了 Xen 虚拟机 Credit 调度算法的实时性能, 使得能够直接对运行在 Xen 上的实时系统进行可调度性分析, 并且可以通过形式化的资源界限函数对算法的实时性进行直观的评估。通过对 Xen 源码 (Xen4. 1. 4) 分析 Credit 的算法原理, 提出并且证明了一种配置 VCPU 参数的方法, 即找到使信用度值不超过上限 300 的条件, 使得 Credit 的实时性得到提升。在此基础上, 通过证明得到 Cred-

it 两个基本性质: 周期性以及任意时刻所有 VCPU 信用度值总和为 0, 并最终得出其在最坏情况下为 VCPU 分配的资源函数曲线。在之后的工作中, 将会根据本文的实时性分析结果, 对 Credit 算法进行改进, 并将其实现在 Xen4. 1. 4 版本中。

## 参考文献

- [1] Pratt I. Xen2. 0 and the Art of Virtualization[M]. OLS, O3, Ottawa, 2004
- [2] Chisnall D. The Definitive Guide to the Xen Hypervisor[M]. Pearson Education, 2007
- [3] Credit Scheduler [OL]. [http://wiki.xen.org/wiki/Credit\\_Scheduler](http://wiki.xen.org/wiki/Credit_Scheduler)
- [4] Govindan S, Nath A R, Das A, et al. Xen and Communication-aware CPU Scheduling for Consolidated Xen-based Hosting Platforms[C]// VEE'07. New York: ACM, 2007: 126-136
- [5] Lee M, Krishnakumar A S, et al. Supporting Soft Real-Time Tasks in the Xen Hypervisor[C]// VEE'10. Pittsburgh, PA, USA, 2010: 324-336
- [6] Xi S, Wilson J, Lu C, et al. Rt-xen: Towards Real-time Hypervisor Scheduling in Xen[C]// EMSOFT. New York, NY, USA: ACM, 2011: 39-48
- [7] Lee J, Xi S, Chen S, et al. Realizing Compositional Scheduling through Virtualization[C]// RTAS. Washington, USA: IEEE Computer Society, 2012: 13-22
- [8] Jin H, Zhong A, Wu S, et al. Virtual Machine VCPU Scheduling in the Multi-core Environment: Issues and Challenges[J]. Journal of Computer Research & Development, 2011, 48(7): 1216-1224
- [9] Gu Zhen-yu, Zhang Shen-sheng, Li Xiao-yong. Optimization of Credit Scheduling Algorithm in Xen[J]. Micro Computer Application, 2009, 25(2): 1-3
- [10] Baruah S, Mok A, Rosier L. Preemptively Scheduling Hard-real-time Sporadic Tasks on One Processor[C]// RTSS. 1990: 182-190
- [11] Mok A, Feng X, Chen D. Resource Partition for Real-time Systems[C]// RTAS. 2001: 75-84
- [12] Marimuthu S P, Chakraborty S. A framework for compositional and hierarchical real-time scheduling [C] // RTCSA. IEEE, 2006: 91-96

(上接第 94 页)

自身定位。地图上方是两个下拉框, 用来方便用户选择前往的地点和用户的出发点, 文本框用来表示为用户提供的一条便捷的路径。图 4 展示室内环境的应用, 运行界面与室外导航相似, 不同之处在于多了老师姓名搜索框和在路口的实时导航。

**结束语** 本文将 RFID 技术应用到室内定位, 并结合 GIS 技术实现了一个校园导航系统, 在 RFID 技术的应用方面取得了一定的进展。当然, 系统在数据更新和维护方面应该有更为详细的处理方法, 使得系统在空间数据有变化的情况下能自适应地调整, 以保证系统的准确性和长期使用价值。

## 参考文献

- [1] Liu Yun-hao, Yang Zheng, Wang Xiao-ping, et al. Location, Localization, and Localizability[J]. Journal of Computer Science and Technology, 2010, 25(2): 274-297
- [2] Xie Lei, Sheng Bo, Tan C C, et al. Efficient Tag Identification in Mobile RFID Systems[C]// INFOCOM. 2010
- [3] Want R. An Introduction to RFID Technology[J]. IEEE Pervasive Comput, 2006, 5(1): 25-33
- [4] Chiesa M, Genz R, Heubler F, et al. RFID[M]. March 2002
- [5] Maguire Y, Pappu R. An optimal q-algorithm for the iso 18000-6c rfid protocol[J]. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2009, 6(1): 16-24
- [6] Zheng Yuan-qing, Li Mo. P-MTI: Physical-layer Missing Tag Identification via Compressive Sensing School of Computer Engineering[C]// 2013 Proceeding IEEE on INFORCOM. 2013: 917-925
- [7] Zhen B, Kobayashi M, Shimuzu M. Framed aloha for multiple rfid objects identification[J]. IEICE Transactions on Communications, 2005, E80-B(3): 991-999
- [8] Johnson D B. A Note on Dijkstra's Shortest Path Algorithm [J]. Journal of the ACM, 1973, 20(3): 385-388