密级：



硕 士 学 位 论 文



论文题目 面向视力残疾人的室内LBS系统的研究与实现

作者姓名 侍路登

指导教师 宋明黎 副教授

教授

学科(专业) 计算机应用技术

所在学院 计算机科学与技术学院

提交日期 二〇一三年十二月

A Dissertation Submitted to Zhejiang University for the Degree of

Master of Engineering



TITLE: Indoor LBS System for Visually Impaired People

Author:

Supervisor:

Subject:

College:

Submitted Date:

摘要

随着经济社会的迅速发展，越来越多的高楼大厦、复杂建筑群出现在城市中。办公楼、购物中心、地铁站、机场、医院等大型建筑，作为与日常生活息息相关的基础设施已成为人们生活、工作的重要组成部分。大型建筑物内部结构的日益复杂在一定程度上限制了人们的室内活动，而对有视力障碍的残疾人来说，这一问题显得更为突出。本文从视力残疾人的需求出发，研究并实现了面向视力残疾人的室内LBS系统，帮助视力残疾人在大型建筑物内快速定位、导航并能享受基于位置的服务。

本文针对视力残疾人这一群体的特殊性，提出了一种根据视力残疾人的无障碍需求进行室内快速导航的算法，从而帮助视力残疾人快速方便地定位、出行。该算法建立在遍布大型建筑物或复杂建筑群的NFC标签网络之上。首先，本文提出了“无障碍可用度”概念，对路径无障碍特性进行量化评估，在此基础上对NFC标签网络中各个节点间的路径进行建模；然后利用加权Floyd算法计算出当前位置到目的地的最佳路径。

在实现基础导航服务的同时，本文提出了一种针对视力残疾人特殊需求的位置服务模式，从而大大满足了视力残疾人的室内活动需求。本文首先分析了视力残疾人的室内需求，而后提出了一种服务推荐算法。

最后，基于对上述核心技术的研究，采用客户端—服务器架构，本文系统地设计并实现了基于Android平台的室内LBS系统，并对系统的各个模块及整体进行了测试，更重要的是进行了真实环境下的试用，从而证明了本系统的完整性、稳定性和有效性。

**关键词：**　无障碍，加权floyd，室内LBS，服务推荐，NFC

Abstract

With the rapid economic and social development, there are more and more high buildings and complexes in our cities. As our daily infrastructure, office buildings, shopping malls, subway stations, airports, hospitals and other large buildings have become an important part of people’s everyday lives and work. To some degree, increasing complexity of internal structure of large buildings has limited people’s indoor activities, while this problem has become more prominent to visually impaired people. So, starting from the needs of the disabled, we propose an indoor LBS system for visually impaired people to solve the problem.

Considering the particularity of the group of visually impaired, in this thesis, we propose a fast indoor navigation algorithm based on their accessibility needs to help them locate and travel indoor quickly. The algorithm is built on the network of NFC tags throughout a building or a complex. First, this thesis presents the concept of “Accessibility Availability” to evaluate the path accessibility with quantitative index. Based on this, we model the path between every two nodes in the network of NFC tags, and then use the weighted Floyd algorithm to calculate the best path from the current position to the destination.

Besides the basic navigation services, this thesis also presents a LBS model which greatly satisfies the needs of the visually impaired people in indoor activities. This thesis analyzes the needs of visually impaired people, and then presents a service recommendation algorithm.

At last, this thesis proposes the implementation of the LBS system based on the technology above, taking the C/S structure with the client ran on Android OS. Finally, each module and the overall system is tested, more importantly, a trial is conducted under real environment, thus proving its integrity, stability and effectiveness.

**Keywords：**Accessibility, Weighted Floyd, Indoor LBS, Service Recommendation, NFC

目录

[摘要 i](#_Toc373953822)

[Abstract ii](#_Toc373953823)

[第1章 绪论 1](#_Toc373953824)

[1.1 课题背景 1](#_Toc373953825)

[1.1.1 2](#_Toc373953826)

[1.2 研究意义与目的 2](#_Toc373953827)

[1.3 论文组织 3](#_Toc373953828)

[1.4 本章小结 4](#_Toc373953829)

[1.4.1 4](#_Toc373953830)

[第2章 相关技术综述 5](#_Toc373953831)

[2.1 无障碍相关技术综述 5](#_Toc373953832)

[2.2 室内导航算法综述 9](#_Toc373953833)

[2.2.1 9](#_Toc373953834)

[2.3 LBS相关研究综述 10](#_Toc373953835)

[2.4 本章小结 10](#_Toc373953836)

[2.4.1 10](#_Toc373953837)

[第3章 基于NFC的室内导航技术 11](#_Toc373953838)

[3.1 NFC 11](#_Toc373953839)

[3.1.1 11](#_Toc373953840)

[3.2 基于NFC的室内导航算法 11](#_Toc373953841)

[3.3 本章小结 11](#_Toc373953842)

[3.3.1 11](#_Toc373953843)

[第4章 基于室内定位的服务 13](#_Toc373953844)

[4.1 室内服务内容 13](#_Toc373953845)

[4.1.1 13](#_Toc373953846)

[4.2 基于“推”的位置服务 13](#_Toc373953847)

[4.3 基于“拉”的位置服务 13](#_Toc373953848)

[4.4 室内服务框架 13](#_Toc373953849)

[4.5 本章小结 13](#_Toc373953850)

[4.5.1 13](#_Toc373953851)

[第5章 基于Android的室内LBS系统的实现 14](#_Toc373953852)

[5.1 室内LBS系统架构 14](#_Toc373953853)

[5.1.1 14](#_Toc373953854)

[5.2 LBS服务器实现 14](#_Toc373953855)

[5.3 LBS客户端实现 14](#_Toc373953856)

[5.4 系统测试 14](#_Toc373953857)

[5.5 本章小结 14](#_Toc373953858)

[5.5.1 14](#_Toc373953859)

[第6章 总结与展望 15](#_Toc373953860)

[6.1 总结 15](#_Toc373953861)

[6.1.1 15](#_Toc373953862)

[6.2 展望 15](#_Toc373953863)

[6.2.1 15](#_Toc373953864)

[6.2.2 15](#_Toc373953865)

[参考文献 16](#_Toc373953866)

[致谢 18](#_Toc373953867)

图目录

[图 2.1 Android无障碍服务使用流程 8](#_Toc374883953)

[图 2.2 TalkBack开启后按钮单击事件触发流程 12](#_Toc374883954)

[图 2.3 Dijkstra算法伪代码 14](#_Toc374883955)

[图 2.4 A\*算法伪代码 15](#_Toc374883956)

[图 2.5 Android系统架构 17](#_Toc374883957)

[图 3.1 LBS系统架构图 20](#_Toc374883958)

[图 3.2 流程图 21](#_Toc374883959)

**未找到图形项目表。**

# 绪论

## 课题背景

导航是指从一点沿着一条路径到达指定目的地的过程。导航系统通常能够在用户行进过程中提供读取、控制并更新当前位置的功能，根据导航系统所应用的的环境可将导航系统分为室外导航和室内导航两种类型。室外导航系统通常依靠GPS（全球定位系统）提供可靠的地理位置信息，这个过程几乎可在任何天气条件下、地表或靠近地表的任何时间进行。基于GPS的室外导航系统已被深入研究，并得到标准化的研究领域。然而，由于在室内环境下，GPS接收器无法接收来自卫星的信号，导致GPS无法应用到室内环境中。

与此同时，随着经济社会的快速发展，一座座大型建筑如雨后春笋般快速大量出现，诸如大型办公楼、购物中心、机场、医院等基础实施与人们的日常生活息息相关，已成为人们日常生活、工作的重要组成部分。而大型建筑物内部结构的日益复杂在某种程度上限制了人们的室内活动。目前，随着WLAN的日益普及以及3G智能手机等个人移动设备的快速发展，人们对室内定位、导航的需求也日益增加。

由于GPS在室内环境下不可用以及人们对室内定位、导航需求的日益增加，室内导航系统逐渐成为研究的热点。

随着研究的逐步展开、深入，已有一些室内导航系统出现。然而，这些系统大都针对视力完好的群体设计实现，并没有考虑到视障人群的存在。虽然也有一些系统针对存在视力障碍的人群设计，但并未充分考虑这一群体的特殊性，未能深入分析这一群体的特殊需求。

据世界卫生组织统计，全球约有2.85亿视力残疾人，其中3900万是盲人，2.46亿是低视力人群[[1](#_ENREF_1)]。对存在视力障碍的人来说，室外导航可借助于导盲犬或者盲杖。相比之下，室内导航则显得更为困难。在室内导航、辨别方向的主要困难在于室内缺少能被感知的地标、越过障碍物对视力残疾人来说可能具有一定的危险性、并不是所有的盲人都能阅读盲文标签，更为重要的是现有的室内导航系统的价格超出了视力残疾人的购买能力，他们急需一个低成本的室内导航系统，而功能不断得到扩充、成本不断下降的移动智能手机无疑为此提供了可能。

Google在2007年底发布了自由及开放源代码的Android操作系统，主要使用于移动设备，如智能手机和平板电脑。Android以其开放性和丰富的功能吸引了大量的厂商和用户，截止2013年9月，全球采用这款系统的设备数量已经达到了10亿台。由于移动终端的爆炸式增长，其价格已完全可被大众所接受。

除了Android手机的发展，NFC技术的出现也为低成本的室内导航系统提供了条件，本文所提系统正是构建在Android、NFC之上。

## 研究意义与目的

现有的室内导航系统主要有以下几个问题：

* “胖”终端

计算最优路径是导航的核心。“胖”终端系统将该计算任务集中到了用户使用的移动终端。一方面，导航过程可能消耗大量的流量；另一方面，对终端的电量也是一个很大的挑战。

* 高成本

室内导航系统的成本涉及两方面，其一在于系统架设的成本，实现系统本身使用成本较高的材料或者设备，其二在于使用系统的成本，用户在使用系统之前需购买昂贵的设备。

* 低针对性

已有的室内导航系统大都针对视力完好的正常人设计实现，而忽略了有视力障碍人群的存在。少数针对视力残疾人设计的室内导航系统未能充分考虑该群体的特殊性。

本文针对现有室内导航系统存在的主要问题，设计并实现了面向视力残疾人的室内LBS系统。该系统采用客户端—服务器架构实现，将计算最优路径的核心任务交由服务器完成，客户端仅负责必要的导航任务，最大限度节省手机的流量和电量。另外，该系统的客户端基于Android系统实现，使得用户使用系统成本大大降低；系统的服务器基于遍布大型建筑的NFC标签网络实现，NFC标签的低成本降低了系统的架设成本。更为重要的是，该系统使用加权Floyd算法计算最优路径。

本文在深入分析导航路径的无障碍可用度以对路径的无障碍特性进行量化评估的基础上，提出了加权Floyd算法，该算法充分考虑了视力残疾人的需求的特殊性，更好地满足了他们的室内导航需要。

在提供基础导航服务的前提下，本文深入分析了视力残疾人的服务需求，有针对性地为他们进行服务推荐，让他们在众多服务中快速、方便地享受自己需要的服务。

## 论文组织

本文针对现有室内导航系统存在的主要问题以及视力残疾人对导航及相关服务的需求进行了深入分析，对室内导航系统中所有使用的导航算法给出了详细的说明和比较，最终对整个系统的实现以及有效性指标做出了完整介绍。

本文总共分为6章，按照由分析、实现到评估的结构顺序组织。

第一章，即本章主要介绍了导航系统的相关背景，简要说明了室内导航系统存在的主要问题，分析了本文所提系统的可行性，并指出了研究的意义与目的，最后描述了本文的组织结构。

第二章是本文所提系统的相关技术综述，主要介绍了无障碍相关技术，比较了已有室内导航算法，并对系统实现部分将用到的Android、NFC相关技术作了简要的介绍说明。

第三章提出了“无障碍可用度”概念，深入分析了影响无障碍可用度的各个自由度，确定了无障碍可用度的计算公式，对NFC标签节点间路径进行建模，实现了加权Floyd算法。

第四章深入分析了视力残疾人的室内服务需求，提出了一种服务模式，并实现了相关服务推荐算法。

第五章介绍了面向视力残疾人的室内LBS系统的实现方案，说明了系统的整体架构以及各个组件的实现细节，并且最终给出了系统测试、试用的结果，证明了系统在为视力残疾人提供室内LBS服务的完整性、稳定性及有效性。

第六章总结了全文做的相关工作，说明了系统中存在的不足，并对未来的工作做出了展望。

## 本章小结

本章首先介绍了面向视力残疾人的室内LBS系统的相关背景，并简单叙述了本文的研究意义与目的，最后给出了全文各个章节的安排以及所完成的工作。

# 相关技术综述

## 无障碍研究综述

由于自身残疾和社会无障碍环境欠缺等条件的限制，残疾人群体很难平等地参与社会各项活动，甚至更易于沦为社会弱势群体。无障碍设计、无障碍环境、信息无障碍等理念就是在这样的情况下提出的，以消除残疾人参与社会活动时可能遇到的各种障碍，从而使他们能够更好地融入主流社会。

无障碍环境可分为物理环境的无障碍与信息和交流无障碍。在互联网时代，人们的学习、生活和工作已和网络息息相关，信息和交流无障碍已将无障碍运动从现实世界拓展到了虚拟世界。

### 物理环境的无障碍研究

物理环境的无障碍核心在于各类建筑和公共基础设施要坚持“以人为本”的原则，体现对每个人的关怀和服务。

早在1974年，联合国就提出无障碍设计（barrier free design）这个新概念，强调现代社会科学技术高度发展，一切有关人类衣食住行的公共空间环境以及各类建筑设施、设备的设计规划都必须充分考虑生理伤残群体、正常活动能力衰退群体的使用需求，配备能够应答、满足这些需求的服务功能和装置，营造一个充满爱与关怀、安全、方便、舒适的现代生活环境。而在20世纪80年代之前，我国建筑设计中还没有融入无障碍设计理念。直到1989年，建设部、民政部、中国残疾人联合会联合发布了我国第一部《方便残疾人使用的城市道路和建筑物设计规范（试行）》，以此保障建筑产品设计能够被残疾人无障碍使用。从2001年8月1日起，《城市道路和建筑物无障碍设计规范》作为行业标准开始施行。本规范对原规范进行了重要的修改，并在此基础上做了一些补充。

国际上也形成了一套通用的无障碍设计标准，大致涉及公共建筑的入口、盲道、门、建筑物走廊、公共卫生间、电梯入口等6个方面，且在每个方面都给出了具体的量化要求。

### 虚拟世界的无障碍研究

#### 网站无障碍

网站无障碍，即网站的易访问性（Web Accessibility），是指网站按照一定的规范设计以保证包括具有生理残疾缺陷的人群在内的所有人都可以很容易地访问网站，所有用户均可以平等地网站提供的信息和功能。

为了使网站设计遵循一定的规则，已经有很多组织做出了努力，其中第一个也是最重要的一个是网页无障碍倡议组织（Web Accessibility Initiative, WAI）。WAI是万维网联盟（World Wide Web Consortium, W3C）的一部分，它发布了WCAG 1.0标准，该标准被广泛接受，用于指导如何建立无障碍网站，使包括文本、图片、表单、声音在内的所有网站内容可被所有人访问。2008年12月，WAI发布WCAG 2.0标准提议。WCAG标准分为A、AA和AAA三个等级，每个等级都是一个严格的一致性规则集合，比如在网站被批注上线之前，不同的HTML版本和其他相关技术必须和代码相兼容。在线工具可以帮助用户在提交网站之前进行WCAG标准检测，并给出一个检测报告，说明网站是否符合相应等级的无障碍要求。

根据WCAG标准，无障碍网站应包含以下特性[[2](#_ENREF_2)]：

1. 至少达到WAI-AA等级（AAA更好）以兼容WAI的WCAG标准；
2. 做语义网页标记；
3. 对网页的内容做W3C的(X)HTML验证；
4. 对网页的布局做W3C的CSS验证；
5. 为低视力群体提供一个网站的高对比度版本，为失读症群体提供一个网站的低对比度版本；
6. 为网站的任何多媒体元素（包括视频、Flash、音频等）提供替代媒体；
7. 简单而一致的导航模式；
8. 设备独立性。

为确保网站和在线服务的无障碍访问，发达国家已将无障碍设计作为义务写入了国家的政策法规，如英国的反歧视法例（Disability Discrimination Act, DDA）[[3](#_ENREF_3)], 特殊教育需要和残障法例（Special Educational Needs and Disability Act, SENDA）[[4](#_ENREF_4)],美国的Section 508[[5](#_ENREF_5)]等。中国通信标准化协会也在2008年发布了《信息无障碍——身体机能差异人群——网站无障碍技术要求》[[6](#_ENREF_6)],并且从网站设计的可感知性、可操作性、可理解性和兼容性等四个方面定义了网络无障碍设计要求。

我国网站无障碍设计的实现呈纵深扩展态势，在各大官方网站、企事业单位网站、社会团体网站乃至个人博客都可见其踪迹。国内无障碍网站的设计都遵循了WCAG 2.0标准，符合XHTML 1.0技术规则，采用网站自动发声、信息自动抓取技术，并提供网站浏览辅助工具（Easy Web Browsing）[[7](#_ENREF_7)],极大地方便了视障人群，提升了国内网站无障碍服务能力。

#### 移动电话无障碍

移动电话的无障碍设计涉及硬件设计和软件设计两个方面。从硬件角度来看，已有的设计主要遵循了便于携带、尽量避免误操作、充分发挥视障人群的感觉补偿优势等设计原则，对市场上的盲用手机进行分析可发现它们具有一些共同特征[[8](#_ENREF_8)]：手机外形要符合人机工程，充分考虑使用时的手感、握持方便等，便于视障者尤其是盲人把握方向；缩小了显示屏幕，可以留出足够的空间来布置按钮；按钮上有盲文的设计，便于使用者找准相关数字；按钮采用方圆相间的设计方式，并拉大按钮之间的距离，减少了偶发触动的可能。尽管硬件设计可以有效促进视障者与产品无障碍地进行沟通，然而毕竟硬件的设计成本相对较高，并且不利于大范围推广，软件设计正好作为对此的补充。

与网站无障碍服务不同的是，移动电话上软件应用的无障碍设计还没有形成一个统一的标准。不过，考虑到他它们之前存在相通之处，移动电话上软件应用的无障碍设计可以参考网站无障碍标准的相关理念，比如图片要有相应的替代文本，字体要足够大，前景、背景对比要足够明显，导航方式要简单一致等。

### Android系统的无障碍支持

#### Android系统的无障碍服务

无障碍服务（Accessibility Service）是Android框架的一个特性，它的设计是为了让已经安装在Android设备上的应用程序能够为用户提供一种导航式回应。无障碍服务能够将应用程序的信息传递给用户，如将文字转为语音或当用户按住屏幕的特定区域时给出触觉反馈。使用Android框架提供的无障碍服务的过程如下图 2.1所示。



图 2.1 Android无障碍服务使用流程

#### TalkBack和TTS

TalkBack是一套Android环境下的免费且开放源代码的读屏软件，是Google公司的eyes-free项目的产品之一，也是一种Android平台上的无障碍服务，用来协助视障者无障碍地使用Android设备。TalkBack从Android 2.2版开始提供服务。除了提供语音反馈外，TalkBack同时整合了振动反馈（KickBack）、音效反馈（SoundBack）与触摸浏览（Explore by Touch）等特性。

安装并开启了TalkBack功能的Android手机使用过程不同于一般手机，这里以触发一个标准Android控件——按钮为例进行说明。普通在使用手机时只需点击按钮即可触发按钮点击事件，而对于视障人群来说，他们不知道按钮的位置，也不能确认自己所做的操作，这种情况下极容易出现误操作。安装并开启TalkBack后，视障者可按如下图 2.2所示流程进行操作。

对于非标准Android控件，TalkBack无法起作用，这时可通过TTS（Text to Speech）提供反馈信息，改善程序的可访问性和可操作性。

## 室内导航系统综述

### 室内地图

目前，很多公司通过绘制大型商场、会议中心和机场的室内地图以避免人们迷路。2011年10月13日，百度地图室内地图功能正式上线，当前应用范围主要集中在北上广深，且以商场室内地图为主。同年11月20日，google公司也发布了新版移动地图服务，新增了大型商场、机场的室内地图功能。

Ciavarella 和 Patern为博物馆开发的类似室内导航的移动系统[[9](#_ENREF_9)]使用了“详细”和“粗略”两种地图类型，但是根据用户反馈，这些图没有充分考虑用户的需求，实际使用效果并不好。Müller等开发的系统[[10](#_ENREF_10)]使用的地图并不显示在移动设备上，而是通过在纸质地图上叠加路径信息的方式实现室内地图。

Klippel等参照建筑图的表现方式提出了室内地图设计的YAH maps原则[[11](#_ENREF_11)]，但这些原则仅是为了应对某些特定的紧急情况，并不适用于设计有其他目的或一宗全新形式的地图。另外，遵照YAH maps原则设计的地图也缺乏美观。Bernhand Lorenz提出了一种混合的空间室内模型[[12](#_ENREF_12)]，该模型能够支持室内路径查询并提供了路径的描述性信息。A.S. Nossum提出了一种简洁的、可以在一幅图上包含所有楼层信息的2D及3D室内地图[[13](#_ENREF_13)]，其中2D室内地图适合从建筑物比较熟悉的人群，而3D地图则相反。NAKAJIMA M提出了一种室内地图数据创建方法[[14](#_ENREF_14)]，并通过该方式解决了室内环境与室外环境的路径拼接问题。同时，NAKAJIMA M还以日本和法国的50幅室内地图为基础探讨了室内地图环境的六种表达要素：注记、说明、符号、比例尺、入口和颜色。

基于智能手机的室内导航系统FootPath[[15](#_ENREF_15)]集成了OpenStreetMap以获取位置信息。OpenStreetMap致力于创建并分发免费的地理位置信息，除了街道地图外，OpenStreetMap也提供大型公共建筑的室内地图，然而该室内地图刚起步，发展尚未成熟。

Tomono和Yuta提出一种不准确的地图表示方式，简称TG地图[[16](#_ENREF_16)]。TG地图被定义成一个图，图中的节点表示一个几何实体，可以是环境中的一个物体或一块区域，比如书桌、房门或者房间，图中的边表示实体之间的相对关系，该关系不需要非常准确。

Gilliéron和Merminod提出的导航系统[[17](#_ENREF_17)]包含的地图模块的基本思路同Miu[[18](#_ENREF_18)]一致，两个系统所需的地图信息都从建筑CAD楼层平面图中提取。在这两个系统中，室内环境CAD绘图被分成若干幅独立的楼层平面图，每幅楼层平面图可进一步转化得到具体的空间信息，如墙、门、电梯和楼梯等。在每幅独立的楼层平面图中，参考点用二维笛卡尔坐标系的空间向量表示。所有经提取得到的参考点及参考点之间的路径构成一张拓扑图，导航系统的最短路径计算工作正是这张图上完成的。为减小生成室内地图信息的成本，本文采用这两个系统使用的获取室内空间信息的方法以避免耗费大量的人力成本对室内空间结构数据进行采集。然而，原有的方法只是对CAD图中的基本元素进行识别，这并不能满足本文的要求，本文深入分析CAD图，从中提取拓扑结构，并在得到的拓扑图上布设NFC节点以构成导航网络。

### 室内定位方法

现有的室内定位方法主要可分为两种：一种是基于网络的定位方法[[19](#_ENREF_19)]，如可通过布设传感器网络来定位；另一种是通过航位推算的方法来进行定位[[20](#_ENREF_20)]，这种方法可独立提供用户位置。另外，辅助的GPS系统通过放大工作区GPS信号的方法也可用于室内定位。使用辅助GPS系统，室内GPS信号可通过一个连接到参考GPS接收器的辅助性数据服务器进行高效处理，从而达到定位的目的。然而，有时室内GPS信号的强度过低可能导致该方案失效。

#### 网络定位法

网络定位法使用的技术涉及蓝牙（Bluetooth）、超宽带（Ultra Wide Band, UWB）、无线网络连接（Wi-Fi）、无线射频识别（Radio Frequently Identification, RFID）等，定位的精度取决于使用的具体技术。Wi-Fi和UWB定位的精度高于蓝牙和RFID。蓝牙是一种简单的兼容短距离通信技术，它需要昂贵的接收器，而且



图 2.2 TalkBack开启后按钮单击事件触发流程

它的定位精度取决于蓝牙设备布设的数量的多少。

在使用RFID进行定位的情况下，定位精度取决于RFID标签的类型（主动型或者被动型）以及标签的数量。现有的使用RFID进行定位的系统一般使用主动

标签，并且需要使用大量的RFID标签以取得良好的定位精度。与被动标签不同的是，主动标签可以内嵌电池以增加传输距离。使用主动标签的最大缺点是需要花费高额的成本。这方面的研究[[19](#_ENREF_19)]也表明它并不能提供一个高效的位置跟踪系统。

Wi-Fi和UWB技术也有自身的局限性。在任何需要实现定位的区域，Wi-Fi技术都需要架设昂贵的接入点[[19](#_ENREF_19)]。使用UWB技术进行定位可能不能保证系统的稳定性，主要因为技术问题，如天线的不匹配、低功耗的发射信号以及来自外部其他系统的干扰。

#### 航位推算法

使用航位推算法进行定位时，需要定义两种位置：确定的位置和估计的当前位置。确定的位置可以由足够数量的卫星来计算确定。与此相反，估计的当前位置是根据最新的确定的位置、行进路线、行进速度以及从确定位置的计算时间到当前的时间差来计算的。

航位推算法使用同时可作为电子加速计、磁力计、气压计使用的微机电传感器（MEMS）进行定位。使用航位推算法进行定位的系统的最大的缺点在于系统的性能会受到定位过程出现的误差的影响，主要是因为在基于前一个估计位置进行当前位置的推算时，推算过程的误差是累积的。

### 导航算法

导航算法的目的是找出从起点到目的点的路径，通常使用最短路径算法。最短路径问题是图论中的一个经典问题，目的是在一个图中找出源点和目的点的最短路径。最短路径算法一方面要求找出最优路径，另一方面要求在计算的过程中尽可能地降低时间复杂度和空间复杂度。以下对解决最短路径问题的Dijkstra和A\*两种经典算法作简单的介绍和对比。

#### Dijkstra算法

Dijkstra算法是20世纪50年代由荷兰科学家Edsger Wybe Dijkstra提出的。Dijkstra算法解决了非负权重有向图的单源最短路径问题，算法最终得到一个最短路径树。该算法常用于路由算法或者作为其他图算法的一个子模块。

Dijkstra算法的输入包含了一个有权重的有向图和图中的一个源节点，算法从这个源节点出发选择一个到该源节点最近的节点，将其标记为已访问。此时，从源节点到该节点的最短路径已求出，更新和该节点相邻的所有节点。一旦目标被标记为已访问，则最短路径即被求出，可通过反向遍历推算出最短路径。具体过程如图 2.3所示。该算法的时间复杂度是,其中n是有向图节点的数目，经过堆优化可将其降为。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Algorithm 1** Dijkstra  **for** all **do**      **end for**  **while** **do**      **for** all **do**  **if** **then**      **end if**  **end for**  **end while** |  |

图 2.3 Dijkstra算法伪代码

#### A\*算法

1968年，斯坦福研究院的Peter Hart，Nils Nilsson和Bertram Raphael第一次描述了A\*算法[[21](#_ENREF_21)]。A\*算法是Dijkstra算法的一个扩展，它采用启发式搜索方式提高了算法性能。

A\*算法是在广度优先搜索的基础上引入了估价函数，每次并非把所有可展开的节点展开，而是利用这个估价函数计算所有未展开的节点的估价值，选取估价值最小的节点，将其展开，直到找到目标节点为止，具体过程如图 2.4所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Algorithm 2** A\*  **function** A\*(start, goal)  **for** all **do**    **end for**    put source node to openset      **while** **do**    **if** **then**  **return** reconstruct\_path(previous, goal)  **end if**      **for** all **do**  **calculate the tentative f(v)**  **if** v in closedset **and**  **then**  **continue**  **end if**  **if** v not in openset **or**  **then**      **if** v not in openset **then**    **end if**  **end if**  **end for**  **end while**  **end function**  **function** reconstruct\_path(previous, current\_node)  **if** current\_node in previous **then**    **return** (p + current\_node)  **else**  **return** current\_node  **end if**  **end function** |  |

图 2.4 A\*算法伪代码

其估价函数定义为，其中表示在状态空间中从源节点到当前节点的实际代价，而表示从当前节点到达目标节点最佳路径的估计代价。该估价函数必须同时以下两个条件[[22](#_ENREF_22)]：（1）必须小于等于从当前节点到达目标节点的实际代价的最小值；（2）必须保持单调递增。

#### Dijkstra算法与A\*算法的比较

Dijkstra算法的搜索过程是盲目的，并没有考虑目标节点的具体情况，其实质是同概率搜索，类似一系列以源节点为圆心的同心圆的搜索。相比之下，加入了启发式搜索方法后，A\*算法的搜索方向更快地趋向于目标节点，可近似为一系列椭圆的搜索。计算涉及的节点从源节点逐渐向目标节点方向扩展，涉及的节点数量明显比Dijkstra算法少，效率大大提高，且最终能得到最优解。因此，A\*算法能用较为高效的方法（主要在于加入了估价函数）得出最优解。一个好的估价函数可以有效提高算法的效率，然而构造一个好的估价函数很难，它没有什么规律可循，需要开发人员对求解问题领域有很深的认识和丰富的编程经验。

## 其他相关技术

### Android

Android是一个基于Linux的开源操作系统，主要面向移动设备，由Google成立的开放手持设备联盟（Open Handset Alliance, OHA）领导开发。截止本文定稿，Android已发布的最新版本为Android 4.4。

#### Android体系结构

Android系统实际上是一个软件栈，包括操作系统、中间件、应用软件等，其系统结构如图 2.5所示。



图 2.5 Android系统架构

* Linux 内核

负责硬件的驱动程序、网络、电源、系统安全以及内存管理等功能。

* 库和Android运行时

库即C/C++函数库部分，大多数都是开放源代码的函数库，例如WebKit，该函数库负责Android网页浏览器的运行，例如标准的C函数库Libc、OpenSSL、SQLite等，也包括支持游戏开发2D SGL和3D OpenGL | ES，在多媒体方面有Media Framework框架来支持各种影音和图形文件的播放与显示，例如MPEG4、H.264、MP3、AAC、AMR、JPG和PNG等众多的多媒体文件格式。Android运行时负责解释和执行生成的Dalvik格式的字节码。

* 应用程序框架

Java应用程序开发人员主要是使用该层封装好的API进行快速开发。

* 应用层

该层是Java的应用程序层，Android内置的Google Maps、E-mail、即时通信工具、浏览器、MP3播放器等处于该层，Java开发人员开发的程序也处于该层，而且和内置的应用程序具有平等的位置，可以调用内置的应用程序，也可以替换内置的应用程序。

这种严格的分层机制，为Android系统带来很大的灵活性，稳定性和可扩展性。也利于不同层的开发人员专心于该层次的开发任务。

#### Android四大组件

* Activity组件

应用程序中，一个Activity通常就是一个单独的屏幕，它上面可以显示一些控件，也可以监听并处理用户的事件。一个完整的应用程序通常包含一个或多个Activity，如果允许的话，其中的Activity可以被其他的应用程序调用。

* Service组件

Service组件是一个后台组件，没有用户界面，用于执行需要长时间运行的操作。其他应用程序组件可通过相关API启动Service，而后Service在后台一直运行

* Content Providers组件

Content Provider组件管理对系统中数据集的访问，该组件对数据进行封装，并提供定义数据安全性的相关机制。Content Provider是连接进程间数据的标准接口。

* Broadcast receivers

Broadcast receiver不执行任何任务，仅仅是接受并响应广播通知的一类组件。Broadcast receiver不包含任何用户界面，然而，它们可以启动一个Activity以响应接受到的信息，或者通过通知栏通知用户。

### NFC

NFC是一种短距离通信技术，使用该技术的两个设备可在10厘米距离内交换数据。NFC运行频率为13.56MHz，无线射频带宽不受监管，数据传输速率可达424Kbit/s。ISO 14443近距离卡通信标准综合考虑了智能卡和读卡器，而NFC是ISO 14443标准的扩展，所以NFC设备不仅可与其他NFC设备进行通信，同样也可与已有的符合ISO 14443标准的智能卡和读卡器通信，这使得NFC技术可兼容现有的公共交通、支付终端等基础设施。NFC的简易性非常有利于用户之间方便快捷地进行交易、交互名片以及连接设备，这些过程只需将两个NFC靠近到一定距离即可完成。

NFC是在综合考虑了无接触、身份识别和网络等技术的基础上发展而来的。根据NFC论坛的定义，NFC有三种操作模式：点对点、读者/写者和卡模拟。

在卡模拟模式中，数据从NFC设备传输到NFC读卡器。这种模式的好处在于支付过程可免去物理支付介质的参与。MasterCard PayPass、Google钱包和ISIS移动钱包就提供了这样的服务，用户无需携带信用卡、借记卡和现金。另一个该模式的应用是电子钥匙，有了电子钥匙用户便无需随身带着笨重的物理钥匙。Isomursu等人提出了一种使用该模式的考勤门禁系统[[23](#_ENREF_23)]。

在点对点模式中，两个NFC设备之间互相交互数据。根据K.Ok等人描述[[24](#_ENREF_24)]，交换名片、结交新朋友等应用可以采用该模式。MFC设备互连可在瞬间完成，节省了大量的时间。这种模式尤其适用于设备配对。

在读者/写者模式中，NFC设备可以以主动或被动两种模式工作。NFC读卡器或者打开NFC的设备工作在主动模式下，它们可以产生一个字段以发起通信，所以如果用户手上有一个可打开NFC的设备，他就不需要购买其他的NFC读卡器。与主动NFC设备相对，被动NFC设备，如低沉本的NFC标签，不需要电源，它们只是等待通信请求。通过打开NFC的设备或NFC写入器，数字内容可以很容易地嵌入到这些NFC标签中。常见的一个应用就是智能海报。比如，Miraz等人就实现了一个智能海报系统[[25](#_ENREF_25)]，通过该系统学生们可以方便地获取各学院教职员工的相关信息。这种模式的好处在于用户可以很方便地携带相关信息，同时，与其他两种模式相比，这种模式也更容易实现。

简而言之，NFC是用户可负担得起、易于实现的技术，并且提供了一种高效的交互方式。正是NFC的这些优点为采用NFC技术实现成本较低且有效的室内导航系统提供了机会。

## 本章小结

本章首先介绍了国内外关于无障碍方面的研究，主要涉及物理环境和虚拟世界两个方面，并说明了Android系统在无障碍方面的支持。然后，对现有的室内导航系统做了介绍，分别从室内地图研究与发展、室内定位方法以及常用的导航算法等三个方面做了讨论，为后文介绍的使用NFC进行室内导航提供了背景和理论支持。最后，介绍了本文所提系统实现需要用到的相关技术。

# 基于CAD的室内地图构建

旅游路线规划、搜索周边这些基于地理位置的服务已成为现代化生活的重要组成部分，地点交友、电子签到也在不断地改变着我们的社交及休闲娱乐方式，这些都离不开LBS的发展。现有的LBS大都采用以下架构，如图 3.1所示。



图 3.1 LBS系统架构图

从图 3.1可以看出，电子地图是LBS的重要组成部分，不仅存储着空间位置信息，也关联着基于地理位置的服务信息。

近几年，尽管手机导航和电子地图得到了长足发展，而室内导航却发展缓慢，这很大程度上归咎于室内地图设计缺乏相关理论与方法的研究。室内地图属于网络电子地图的一种，但又与一般的网络电子地图存在不同之处[[26](#_ENREF_26)]：1）一般的网络电子地图多是二维的，而室内地图则多是三维的；2）室内地图描述的对象是有边界的，并且比例尺的意义并不明显；3）室内地图（如大型购物中心、医院、机场、室内运动场等）的表达方式与描述的空间环境存在更大的关联性；4）不同场所的室内地图用途更加清晰，并且不同用户对地图要求的差异性也更凸显，如室内运动场的运动员与观众。

上述种种原因导致了室内地图的设计与表达有别于一般网络地图，然而，户外导航的一些基本思路仍然可以应用到室内导航上来，建立以室内地图为中心的室内导航系统。

据调查[[27](#_ENREF_27)]，单在美国就有约205亿平方英尺的办公、看病和教学场所，而且几乎全部这些场所都存在对应的CAD格式的图纸。使用这些场所的成千上万的各种组织都投入大量的时间和金钱来维护CAD数据，他们希望通过这种方式从一定程度上取代他们公文包里的图纸。这些大量的CAD图纸为室内空间地图提供了很好的基础。

本文通过大型建筑的CAD设计图提取建筑物内部的主要空间结构，分析视力残疾人重点关注的路径信息。在此基础上，架设NFC标签导航网络，从而得到面向视力残疾人的室内导航地图。

## CAD框架提取

为减小生成室内地图的成本，我们不是通过人工采集的方式获取室内空间数据而是通过开发一套工具的方式从CAD绘图中自动提取数据。原始的CAD绘图中可能包含线段、顶点和文本标签等信息，经过工具转换可得到诸如墙壁、门、电梯、楼梯等结构化特性，这些特性便构成一幅空间结构地图。

### DXF格式

本文针对AutoDesk公司以DXF（Drawing Interchange Format）格式发布的CAD文件作分析。DXF是一项开放标准，专门设计用来提供一种商业CAD工具可解析的私人CAD文件交换方式。既然几乎所有的CAD文件都可以转换成DXF格式的文件，所有希望装配室内导航系统的权威组织或部门都可以使用CAD文件生成导航需要地图数据。

以DXF格式组织的CAD数据由不相连的线、弧或者折线构成，这些元素可能跨越几个图层。用于表示门的线通常被分到一个或两个组里。房间的轮廓被组织在一起，通常带有标签、支柱及其他相关线的信息，这些信息可能跨越几个图层。另外，我们导航所需要的实体信息可能没有被区分开来，用于划定房间轮廓的线上通常会叠加有关楼层基底、天花板、附加标签等信息。为简单起见，本文假设CAD数据被组织成一个文件代表一层楼信息的形式。本节所讲述的CAD解析器只提取门、房间的二维结构以及楼梯的二维投影。

### 数据预处理

在解析CAD数据之前，用户必须指明被打开文件所对应楼层的基底信息以及最容易辨析的可视化图层。CAD的设计不可能完全没有错误，此外，从私人CAD文件格式到DXF文件格式的转换过程也可能引入错误，比如数字的不精确或者逻辑错误。考虑到这些，本文使用的提取算法[[28](#_ENREF_28)]采用允许误差的计算，而不是严格的代数运算。一个点被定义为一个二维向量。为了表示方便，将连接点和点的向量表示成。一条线被定义成一个有序的两个点的集合。

基于以上定义的两个类型，我们定义如下几个关系：

1）近似相等的点：两个点近似相等当且仅当它们之间的距离小于预先设定的一个值，即如公式（3.1）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.1） |

2）近似相等的线：两条线近似相等当且仅当这两条线上的点近似相等（起点和终点可互换），即如公式（3.2）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.2） |

3）点与线相邻：点p与线L相邻当且仅当L上一个点q近似等于p，即如所公式（3.3）示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.3） |

4）两条线相邻：与相邻当且仅当的一个端点与相邻，即如公式（3.4）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.4） |

5)两条线平行：与近似平行当且仅当与对应向量的点积近似等于二者长度的乘积，即如公式（3.5）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.5） |

6）两条线正交：与近似正交当且仅当与对应向量的点积近似等于0,即如公式（3.6）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.6） |

7)包含：包含当且仅当点和被覆盖，无需匹配点和，即如公式（3.7）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.7） |

为减少冗余数据，下列步骤将自动作用于每一个需要进行元素提取的图层超集之上：

1）如果若干个图层同时包含需要在同一个提取例程里用到的数据，这些图层将被合并为一个超集；

2)近似相等的两条线，其中一条将被从超集中移除；

3）若包含且无其他线与相邻，将被从超集中移除；

4）相邻且平行的两条线，若没有其他相邻的线（即可以在不丢失信息的情况下看成一条线），将被拼接起来合成一条线，即如公式（3.7）所示。

|  |  |
| --- | --- |
|  | 公式（3.7） |

### 门的提取

在格式良好的CAD平面图中，墙壁在门槛的位置会有一段开口，并且对应的门会由一条线来表示。开门的路径通常会接触到墙壁，用以表示门关闭状态所处的位置，如图 3.2所示。对地图匹配来说，重要的是门槛部分。然而，实际上，图 3.2所示的门的表示只是一种理想情况。与之相比，图 3.3给出了来自CAD数据实际表示。



图 3.2 CAD中门的表示

在图 3.3中，有四个门，但是没有一个能够清晰地辨认门槛，其中两个门似乎朝着墙的里面打开。



图 3.3 CAD中门的更为实际的表示

进一步调查发现，门的打开路径有时候表示为一个圆弧，有时候则表示为一段可近似为圆弧的折线。考虑到这些因素，本文将焦点集中到门的打开路径的提取上，提取了门的打开路径便不难提取出门的相关信息。如果在识别了门的打开路径的情况下，又发现一条线，这条线通常表示门，若为两条线，则其中一条表示门，另一条表示门槛。在暂不考虑门槛的情况下，本文采取以下步骤识别门：

1）查找连续的若干条线，这些线近似构成以门阶为半径的1/4圆；

2）将这些线转化为圆弧，圆弧由它对应的原点、圆弧的起点和圆弧的终点表示；

3）查找近似以门阶为半径的1/4圆的圆弧；

4）对上述过程查找到每个1/4圆的圆弧，搜索与圆弧原点相邻且与圆弧某一个端点相邻的线，每发现一条就将其保存为候选门槛。

5）考虑存在多个候选门槛的情况：对每一个候选门槛L，尝试查找一条表示墙的包含L的线，若查找成功，则将L标记为有效的候选门槛。若经过该操作没有有效的候选门槛或者有效候选门槛多余一个，则需要人为地进行标注。

经以上描述，可得出门的提取的伪代码，如图 3.4所示。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Algorithm 1** Door-Extraction  **for** all **do**  **//** skip the arcs that not fit  **if**  **then**  **continue;**  **end if**  **for** all **do**  // skip the line that not fit  **if**  **then**  **continue;**  **end if**    **if** **then**      **else if** **then**      **end if**  **end for**  **if** **then**    **else if** **then**  **for** all **do**  cand.setInvalid();  **for** all **do**  **if** **then**  cand.setValid();  **break;**  **end if**  **end for**  **if** !cand.isVaild() **then**  doorCandidates.remove(cand);  **end if**  **end for**  **if**  **then**    **end if**  **end if**  **end for**  treatInteractively(problems); |  |

图 3.4 门提取算法伪代码

### 房间的提取

相比门的提取过程来说，房间的提取过程则显得更为复杂，原因在门在CAD文件的表示变种很多，可能是四边形、五边形甚至是更多条边组成的多边形，有些房间还存在共享边的情况。为简单起见，本文仅考虑将封闭的或者近似封闭的线的序列看成房间候选者。房间候选者经过进一步去重、错误检测等操作筛选后得到最后的房间提取结果。整个房间提取算法流程如所示。



图 3.5 房间提取算法流程图

为便于更深入地理解房间提取算法，先以所示的一个例子进一步说明算法运行过程。

一幅完整的用于导航或其他基于位置的应用的空间信息地图需要提供相关信息以保证能够实现下列操作：

1.当以坐标或者位置名称形式给出起点和目的点时，能够计算出这两点之间的最短路径；

2.能够计算出在给定坐标给定半径范围内的结构化特性的集合；

3.计算出一个参考点作为给定区域的“中心位置”；

4.找出包含给定坐标的区域；

5.对给定的二元组（给定区域S，给定点C），在S中找到一个点D使得点C、D之间的距离最小，特别地，如果C在S中，则D即为C。

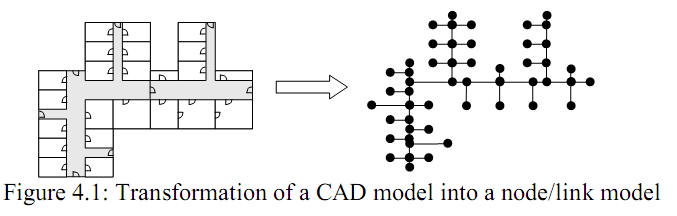
考虑到视力残疾人的特殊性，本文仅考虑第一种操作。

CAD文件包含了很多对网络的拓扑模型来说无用的特性，因此有必要对其进行数据转换提取出室内导航可能需要用到的信息。经过检测，CAD文件涉及的相关对象被清晰地标记为门、房间、走道、大楼等，并且所有其他无用的元素被去除。

CAD数据库中的所有元素可能都含有一个属性的列表（如房间号）

CAD数据到节点、链接等单一元素的转换是创建导航所需网络的第一步。

这样的节点/链接模型需要某些特定的属性，如连通性、距离等，尤其对路由问题来说，更为重要。



对视力残疾人来说，室内导航系统无需提供图形显示功能。

以下描述：

CAD提取过程

CAD提取的结果是什么样的

基于盲人距离感的优化

## NFC节点布设算法

论证NFC的可行性：主要从距离、iWatch设备等方便考虑、NFC标签的突起设置

## 人工更新NFC标签网络

## NFC节点自更新机制

## 本章小结

# 基于室内定位的服务

## 室内服务内容

### 

数学公式一般另行起排，居中书写，并用阿拉伯数字分章编号。若数学公式前有文字（如"解"、"假定"等），文字空两格写，数学公式仍居中写。数学公式序号按章编排，序号加圆括号，右顶格排。如第1章第1个数学公式序号为"公式（1.1）"。文中引用数学公式时，一般用"见公式（1.1）"或"公式（1.1）"。

## 基于“推”的位置服务

## 基于“拉”的位置服务

## 室内服务框架

## 本章小结

### 

# 基于Android的室内LBS系统的实现

## 室内LBS系统架构

### 

## LBS服务器实现

## LBS客户端实现

## 系统测试

## 本章小结

# 总结与展望

## 总结

### 

## 展望

### 

### 

参考文献

[1] Visual impairment and blindness[EB/OL]. [12]. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en>.

[2] Accessibility[EB/OL]. [12]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Accessibility>.

[3] 张赟玥, 赵英, 徐恩元, et al. 面向视障用户信息需求的国际研究案例探析[J]. 图书馆建设, 2009, 6: 022.

[4] Davies J E, Wisdom S, Creaser C. Out of sight but not out of mind: visually impaired people's perspectives of library & information services[M]. Library & Information Statistics Unit, Loughborough University, 2001.

[5] Martínez C C, Martínez-Normand L, Olsen M G: Is It Possible to Predict the Manual Web Accessibility Result Using the Automatic Result?, Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services: Springer, 2009: 645-653.

[6] Y T. 中华人民共和国通信行业标准: 信息安全运行管理系统总体架构[D]. 2008.

[7] 中国盲人数字图书馆. 无障碍声明[EB/OL]. <http://www.cdlvi.cn/wzasm/node_149891.htm>.

[8] 陈思宇, 陈朝斌, 金慧娜. 无障碍产品设计初探——针对视障者的手机设计[C]. Proceedings of the 2006 International Conference on Industrial Design & The 11th China Industrial Design Annual Meeting (Volume 2/2), 2006.

[9] Ciavarella C, Paternò F. The design of a handheld, location-aware guide for indoor environments[J]. Personal and Ubiquitous Computing, 2004, 8(2): 82-91.

[10] Müller H J, Schöning J, Krüger A. Mobile Map Interaction-Evaluation in an indoor scenario[C]. GI Jahrestagung (2), 2006: 403-410.

[11] Klippel A, Freksa C, Winter S. You‐are‐here maps in emergencies–the danger of getting lost[J]. Journal of spatial science, 2006, 51(1): 117-131.

[12] Lorenz B, Ohlbach H J, Stoffel E-P: A hybrid spatial model for representing indoor environments, Web and Wireless Geographical Information Systems: Springer, 2006: 102-112.

[13] Nossum A S. IndoorTubes a novel design for indoor maps[J]. Cartography and Geographic Information Science, 2011, 38(2): 192-200.

[14] 赵忠君, 赵飞. 在线地图的交互可视化设计研究[J]. 测绘通报, 2011, 7: 009.

[15] Link J a B, Smith P, Viol N, et al. Footpath: Accurate map-based indoor navigation using smartphones[C]. Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2011 International Conference on, 2011: 1-8.

[16] Tomono M, Yuta S. Indoor navigation based on an inaccurate map using object recognition[C]. Intelligent Robots and Systems, 2002. IEEE/RSJ International Conference on, 2002: 619-624.

[17] Gilliéron P-Y, Merminod B. Personal navigation system for indoor applications[C]. 11th IAIN world congress, 2003: 21-24.

[18] Miu A K L. Design and implementation of an indoor mobile navigation system[D]. Citeseer, 2002.

[19] Renaudin V, Yalak O, Tomé P, et al. Indoor navigation of emergency agents[J]. European Journal of Navigation, 2007, 5(3): 36-45.

[20] Beauregard S, Haas H. Pedestrian dead reckoning: A basis for personal positioning[C]. Proceedings of the 3rd Workshop on Positioning, Navigation and Communication (WPNC’06), 2006: 27-35.

[21] A\* search algorithm[EB/OL]. [12]. [http://en.wikipedia.org/wiki/A\*\_search\_algorithm](http://en.wikipedia.org/wiki/A*_search_algorithm).

[22] 陈圣群, 董林飞. Dijkstra 和 A-star 算法在智能导航中的应用分析[J]. 重庆科技学院学报: 自然科学版, 2010, (006): 159-161.

[23] Isomursu M, Ervasti M, Isomursu P, et al. Evaluating Human Values in the Adoption of New Technology in School Environment[C]. System Sciences (HICSS), 2010 43rd Hawaii International Conference on, 2010: 1-10.

[24] Ok K, Coskun V, Aydin M N, et al. Current benefits and future directions of NFC services[C]. Education and Management Technology (ICEMT), 2010 International Conference on, 2010: 334-338.

[25] Miraz G M, Ruiz I L, Gómez-Nieto M. How NFC can be used for the compliance of European higher education area guidelines in European universities[C]. Near Field Communication, 2009. NFC'09. First International Workshop on, 2009: 3-8.

[26] 齐晓飞, 崔秀飞, 李怀树. 室内地图设计现状分析[J]. 测绘与空间地理信息, 2013, 36(2).

[27] Lisle S, Atkinson F. Mobile Drawings: The Art of Turning CAD Plans into Interactive Indoor Maps[J].

[28] Schafer M, Knapp C, Chakraborty S. Automatic generation of topological indoor maps for real-time map-based localization and tracking[C]. Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN), 2011 International Conference on, 2011: 1-8.

致谢

署名

当前日期