# 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[[1](#_ENREF_1)]：

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）[[2](#_ENREF_2)], 特殊教育需要和残障法例（Special Educational Needs and Disability Act, SENDA）[[3](#_ENREF_3)],美国的Section 508[[4](#_ENREF_4)]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》[[5](#_ENREF_5)],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）[[6](#_ENREF_6)],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[[7](#_ENREF_7)]：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。



图 2.2 TalkBack开启后按钮单击事件触发流程

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[[8](#_ENREF_8)]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[[9](#_ENREF_9)]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[[10](#_ENREF_10)]，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[[11](#_ENREF_11)]，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[[12](#_ENREF_12)]，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[[13](#_ENREF_13)]，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[[14](#_ENREF_14)]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[[15](#_ENREF_15)]。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[[16](#_ENREF_16)]包含的地图模块的基本思路同Miu[[17](#_ENREF_17)]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[[18](#_ENREF_18)]，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[[19](#_ENREF_19)]，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

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[[18](#_ENREF_18)]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[[18](#_ENREF_18)]。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 2.1** 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[[20](#_ENREF_20)]。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 2.2** 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[[21](#_ENREF_21)]：（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[[22](#_ENREF_22)]。

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[[23](#_ENREF_23)]，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[[24](#_ENREF_24)]，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。

参考文献

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

[2] 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.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

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

[7] 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.

[8] 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.

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

[10] 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.

[11] 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.

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

[13] 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.

[14] 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.

[15] 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.

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

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

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

[19] 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.

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

[21] 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.

[22] 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.

[23] 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.

[24] 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.