

基于 Ibeacon 的室内智能停车导航系统

叶建林, 潘志宏, 颜浩瀚

(中山大学新华学院, 广东 广州 510520)

摘要:随着无线技术的发展以及位置读物需求的多样化发展,在大型室内停车场的应用场景中,用户对于基于位置服务的需求更加迫切。同时,私家车数量的渐进式增长,后续所造成的一系列城市停车难现象,比如地下停车场结构环境复杂、车库内车辆交通混乱、停车场管理效率低下以及驾驶员停泊过程中所用时间过长等问题,使得人们迫切需要一种良好的解决方案。而现如今主流的 GPS 导航由于穿透性不佳导致在室内无法发挥其正常作用。最近比较流行的 Wi-Fi 室内定位技术也同样存在因室内环境的多变性和复杂性导致信号传输不稳定的难题。然而,随着 Bluetooth-4.0 时代的来临,其低功耗、抗干扰和低成本的特点弥补了这一缺口。针对以上问题,文中设计开发了一个基于 Ibeacon 的室内智能停车导航小程序。该设计与应用将通过 Matlab 图像处理、Ibeacon 定位等技术的应用来帮助用户更方便、更快地找到自己的停车位,大大提高了用户的便利性。同时也改善了停车场的管理效率和帮助停车场进行电子数据统计和分析,从而达到双赢的局面。

关键词: Ibeacon 定位;微信小程序;智能停车场;室内导航;Matlab 图像处理

中图分类号: TP302

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2020)03-0209-05

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2020.03.040

Ibeacon-based Indoor Intelligent Parking Navigation System

YE Jian-lin, PAN Zhi-hong, YAN Hao-han

(College of Sun Yat-sen University, Guangzhou 510520, China)

Abstract: With the development of wireless technology and the diversified development of location reading requirement, in the application scenario of large indoor parking lots, users' demand for location-based services is more urgent. At the same time, the incremental growth in the number of private cars, followed by a series of urban parking difficulties, such as the complex structure of the underground parking lot, vehicle traffic chaos in the garage, the low efficiency of the parking lot management and taking too long for the driver to park the car, make people urgently need a better solution. Nowadays, mainstream GPS navigation cannot function properly indoors due to poor penetration. Recently, the more popular Wi-Fi indoor positioning technology also has the problem of unstable signal transmission due to the variability and complexity of indoor environment. However, with the advent of the Bluetooth-4.0 era, its low power consumption, anti-jamming and low cost features make up for this gap. For this, we design and develop an indoor intelligent parking navigation applet based on Ibeacon, which will help users find their own parking spaces more conveniently and quickly through the application of Matlab image processing and Ibeacon positioning technology, greatly improving user convenience. At the same time, it also improves the management efficiency of the parking lot and helps the parking lot to conduct electronic data statistics and analysis to achieve a win-win situation.

Key words: Ibeacon positioning; we-chat applet; intelligent parking lot; Matlab image processing

0 引言

2019年5G通信技术格局初步形成,微信成为国内历史上第一款拥有10亿DAU数量级的APP,中国

国民生活即将迈入小康社会,全国机动车保有量达3.19亿辆。在这些背景因素的影响下,人们对大型室内停车场场景中基于位置服务的需求日益增加。城市

收稿日期:2019-03-29

修回日期:2019-07-30

网络出版时间:2019-12-05

基金项目:广东省普通高校青年创新人才项目(自然科学)(2016KQNCX222);教育部产学研合作协同育人项目(201802153146,201702071078);中山大学新华学院教职工科研启动基金青年项目(2017QN006);2017年省级大学生创新创业训练计划资金资助项目(201713902010)

作者简介:叶建林(1996-),男,研究方向为室内定位、计算机视觉、互联网技术;潘志宏,硕士,通讯作者,高级工程师,CCF会员(29357M),研究方向为物联网、群智计算、机器学习。

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20191205.1113.032.html>

停车难、停车场寻车位难的问题逐渐受到人们的重视^[1]。对此,文中设计开发了一个基于 Ibeacon 的室内智能停车导航小程序。该设计与应用将通过物联网、Ibeacon 定位等技术的应用来帮助用户更方便、更快捷地找到自己的停车位,大大提高了用户的便利性。同时也改善了停车场的管理效率和帮助停车场进行电子数据统计和分析,从而达到双赢的局面。

首先介绍 Ibeacon 定位技术与 MATLAB 图像处理技术相结合进行问题解决的可行性,再介绍系统的硬件部署,并重点研究整个系统的设计思路、实现方法和测试效果。

1 相关技术可行性

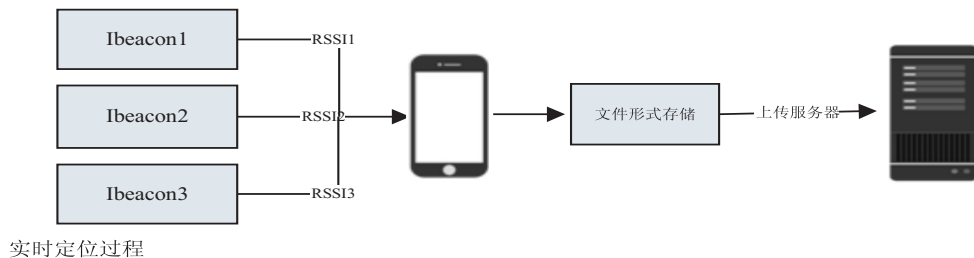
1.1 Ibeacon 定位技术

Ibeacon 定位技术是由 Apple 公司于 2013 年提出的,Ibeacon 是一款体积小、能耗低的基于 Bluetooth-4.0

的蓝牙模块^[2]。它通过无线信号与用户设备进行交互^[3],所以 Ibeacon 技术对现如今的主流手机设备有着很好的技术支持性,后期的使用不需要添置其他终端设备。

基于 Ibeacon 信号指纹的定位技术主要通过利用地理位置和无线信号的 RSSI 的关联性,将需要定位的位置周围的信号信息与离线 Ibeacon 信号信息进行映射匹配^[3]。在基于 Ibeacon 信号指纹的定位环境中, n 维的信号强度的 RSSI 值向量和二维的地理位置向量是相互对应的^[4]。当获取到当前位置的 Ibeacon 信号值的向量之后,就能通过定位算法匹配出当前位置的坐标。基于信号指纹的定位主要是通过实时测量当前未知的 RSSI 值上传到服务器^[5],再由服务器进行信号指纹的匹配,通过定位算法找出相近的几个指纹的值,然后计算出最接近的位置坐标,返回匹配后的坐标,实现定位。该过程如图 1 所示。

信号指纹采集过程



实时定位过程

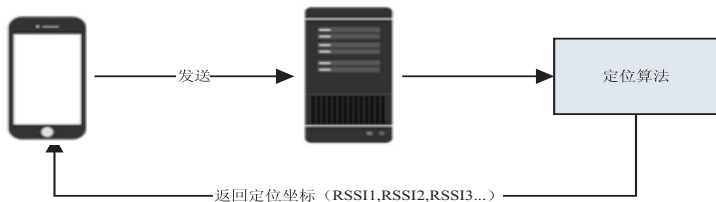


图 1 基于 Ibeacon 信号指纹的室内定位过程

Ibeacon 定位技术相较于现如今主流的 Wi-Fi 定位技术有一定的优势。在原理相同的情况下,虽然 Wi-Fi 定位技术有不用再额外添加硬件设备、发射信号相对稳定并且传输距离远的优势^[6],但由于它的自身传播性的原因,存在信号传输易干扰、传输数据有误差、室内环境物体布局导致 Wi-Fi 信号产生多径传播效应等问题。而 Ibeacon 定位技术则不存在以上问题^[7]。

1.2 MATLAB 图像处理技术

MATLAB 是一个多种类工具的结合体。在 MATLAB 上用户可以借助多种工具进行操作或者调用函数和文件。其中包括了命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、路径搜索。同时 MATLAB 也具有出色的图形处理能力。包括显示图像灰度分布情况、绘制灰度直方图、图像噪声的添加、图像傅里叶变换等^[8]。由于它的特性, MATLAB 还被应用于车牌识

别,通过灰度处理、图像旋转矫正、边缘检测、腐蚀填充和形态滤波等一系列操作得到二值化图像后,再通过图像区域分割和 OTCU 自适应算法进行车牌提取。

2 系统硬件部署

该小程序的硬件部分由移动终端、Ibeacon 信标、服务端和其他辅助硬件设备组成,如图 2 所示。

移动用户端由基于微信的微信小程序的手机、平板和笔记本电脑这种可携带式的设备组成,用户只需通过小程序便可完成应用程序与服务端的数据焦化以及一些逻辑业务处理。数据的采集也是通过移动终端接收附近的 Ibeacon 信标的信号来实现,再通过无线网络把数据发送到服务端响应,服务端对数据进行处理,返回定位结果。而部署在停车场四周的 Ibeacon 信标设备会不断地发送 RSSI 信号,形成定位传感网络。辅助设备则主要采集车牌图像。

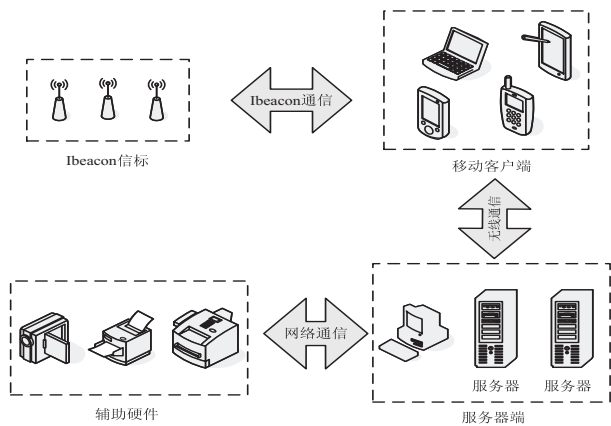


图 2 系统硬件部署设计

3 系统功能设计与实现

3.1 架构设计

在架构设计方面,决定采用面向服务体系结构 SOA(service-oriented architecture)。这种具有中立的接口定义(没有强制绑定到特定的实现上)的特征称为服务之间的松耦合。松耦合系统的好处有两点:一是它的灵活性,二是当组成整个应用程序的每个服务的内部结构和实现逐渐地发生改变时,它能够继续存在。与之相反,紧耦合意味着应用程序的不同组件之间的接口与其功能和结构是紧密相连的,因而当需要对部分或整个应用程序进行某种形式的更改时,它们就显得非常脆弱^[9]。所以整个架构设计分为硬件层、数据层、服务层、应用层,如图 3 所示。

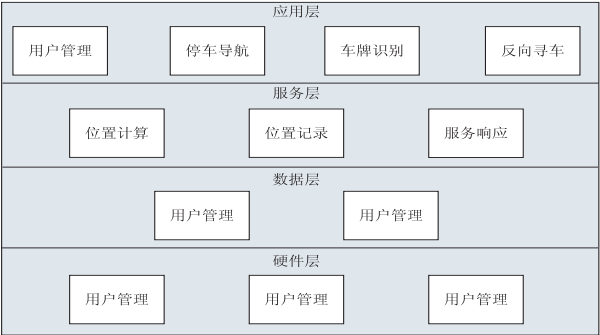


图 3 软件架构

3.2 功能设计

该系统是基于大型停车场场景提出的,而 Ibeacon 的工作原理是基于 Bluetooth Low Energy (BLE) 低功耗蓝牙传输技术发送特定识别信息^[10]。蓝牙低功耗 beacon 基站不断向四周发送蓝牙信号(含相同的 UUID,一个区域有多个相同的 UUID 时,可附带其他信息以区分),当满足 Ibeacon 技术标准的蓝牙模块的智能设备进入设定区域时,就能接收到信号,蓝牙设备定位接受并反馈信号,定位引擎通过基于 rssi 的三点定位算法计算出用户位置^[11]。基于 rssi 的三点定位算法是已知三个点的坐标和未知点到这三个点的 rssi

的信号值,求解未知点的坐标。首先是将 rssi 信号转换为距离: $d = 10^{((ABS(RSSI) - A)/(10 * n))}$ ^[12]。其中 d 为距离,单位是 m。RSSI 为 rssi 信号强度,为负数; A 为距离探测设备 1 m 时的 rssi 值的绝对值,最佳范围在 45 ~ 49 之间; n 为环境衰减因子,需要测试矫正,最佳范围在 3.25 ~ 4.5 之间^[13-14]。在获取得到未知点到三个坐标点的距离后,根据毕达哥拉斯定理,得出未知点的位置 (x, y) ,其计算公式如下:

$$\begin{aligned}(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 &= r_1^2 \\(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 &= r_2^2 \\(x_3 - x)^2 + (y_3 - y)^2 &= r_3^2\end{aligned}$$

Ibeacon 信标传输的最大射程取决于位置、现场布置、障碍物等。标准信号有近似 70 m,远程信号可达 450 m^[15]。而淘宝网上数据显示,Ibeacon 信标的传输距离普遍属于标准信号(50 m ~ 90 m)。例如,某一大型地下停车场一层车位为 75 个,而地下车库一个停车位的面积一般为 35 m²,则 75 * 35 = 2 625 m²。所以至少需要 260 个 Ibeacon 信标基站,按照市面价格约为 8 000 元。

3.3 功能实现

依据上述定位基本原理,该系统接入蜂鸟云 SDK 和 MATLAB 图像处理后即可以实现其核心功能。即在进入停车场前会通过 MATLAB 工具辅助进行图像处理。通过停车场 ETC 入库口处的摄影机获得车牌号图像,再通过 rgb2gray() 方法将原图转换为灰度图像。接着使用 str2double() 的 get() 方法和 imrotate() 对非正常角度的车牌图像进行旋转。在获取灰度图像后通过调用 edge() 方法对灰度图像惊醒边缘检测处理,处理后设置结构元素对象并使用 imerode() 方法实现腐蚀效果,再重新设计结构元素对象并使用 imclose() 方法对腐蚀图像进行闭关运算实现填充效果。最后再调用 bwareaopen() 函数进行形态滤波,得到有车牌号轮廓的图像。得到二值化的图像之后再通过 zeros(size()) 方法计算 X, Y 方向车牌图像区域,并对该区域进行定位分割。最后用 OTCU 算法自适应二值化处理后提取车牌。其核心代码如下。

```
function pushbutton7_Callback(hObject,eventdata,handles)
% 车牌提取
I=handles.I;
I_final=handle.I_final;
I_new=zeros(size(I_final,1),size(I_final,2)); % 寻找二
值图像中白点的位置
location_of_1=[];
for i=1:size(I_final,1)
for j=1:size(I_final,2)
if I_final(i,j)=1;
```

```
nelocation=[ i. j ];
location_of_1=[ location_of_1;newlocation ];
end
end
end
mini = inf;maxi = 0;
for i = 1:size( location_of_1,1) % 寻找所有白点中,x 坐标和
y 坐标的和最大,最小的两个点的位置
temp=location_of_1( i,1)+location_of_1( i,2);
if temp<mini
mini = temp;
a = i;
end
if temp>maxi
maxi = temp;
b = i;
end
end
```

```
first_point=location_of_1( a,:); % 和最小的点为车牌的左
上角
last_point = location_of_1( b,:); % 和最大的点为车牌的
右上角
x1 = first_point(1)+4; % 坐标值修正
x2 = last_point(1)-4;
y1 = first_point(2)+4;
y2 = last_point(2)-4;
I_plate=I( x1:x2,y1:y2 );
I_plate=OTSU( I_plate,50); % 以 OTSU 算法对分割出的车
牌进行自适应二值处理化
axes( handles.axes7 );
imshow( I_plate );
title( '车牌提取' );
handles.I_plate=I_plate;
guidata( hObject,handles );
其实现效果如图 4 所示。
```

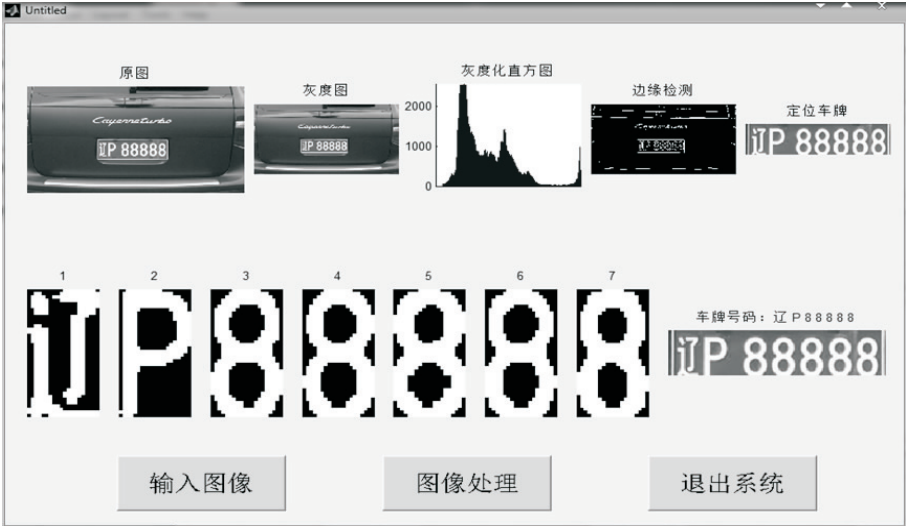


图 4 车牌识别测试

然后在进入停车场后就可以根据空余车位的编号在室内停车场地图上通过选择起点和终点进行快速的路线规划,方便用户前往停车位,避免了盲目兜圈。在室内停车场的路径规划过程中一开始会初始化地图信息加载地图,创建路径分析对象 new fengmap. FMNaviAnalyser. create({}),然后通过已加载的地图数据加载模型 dijkstra. init(map)。初始化完毕之后,用户就可以根据之前获得的车位编号设置起点和终点。该流程核心代码如下:

```
//创建路径分析对象
var dijkstra=new fengmap. FMNaviAnalyser. create( {} );
//通过已加载的地图数据加载模型
dijkstra. init( map );//注意:此方法需保证 map 数据已加载
完成,可在 map 的 loadComplete 事件后调用

//添加模拟起、终点
```

```
var naviCoords=[ ],naviGids=[ ];
var coord=new fengmap. FMMapCoord( );
coord. x = 12961588. 0371617;
coord. y = 4861847. 72571208;
naviCoords. push( coord );

var coord1=new fengmap. FMMapCoord( );
coord1. x = 12961587. 6306147;
coord1. y = 4861844. 85608228;
naviCoords. push( coord1 );

//添加起点和终点对应的楼层 id
naviGids=[ 6,5 ];
根据设置的起点和终点进行路径分析,分析成功,返回路径
经过的坐标点集。

//路径分析:传入起点和终点坐标和楼层 ID 进行楼层分析
if ( dijkstra. analyzeNavi ( naviGids [ 0 ], naviCoords [ 0 ],
```



```
naviGids[1], naviCoords[1],
    fengmap.FMNavModule. MODULE _ SHORTEST ) = =
fengmap.FMRouteCalcuResult. ROUTE_SUCCESS) {
    var results=dijkstra.getNaviResults(); //得到路径分析后的
结果集
    if (results.length= =0)
```

```
return;

var des=dijkstra.getRouteDescriptions( navResult );
console.log( des );
}
```

其实现效果如图 5 所示。



图 5 停车导航测试

4 结束语

根据市场调研得出用户需求,并加以分析,将 Ibeacon 定位技术和微信小程序相结合设计开发了室内智能停车导航小程序。该小程序主要从硬件部署,服务器的数据库和软件架构、数据交互方式、Ibeacon 定位和用户端模块这些方面入手进行设计。最后对小程序进行测试和分析,并且展现了运行结果。该小程序实现了停车导航和车牌识别的功能。这些功能对现在城市停车难的问题提供了良好的解决方案,为用户节省了在停车场内滞留的时间,同时也提高了停车场管理人员的工作效率。

参考文献:

[1] 胡斌斌,倪晓军. 基于 RSSI 测距室内定位改进质心算法[J]. 计算机技术与发展,2017,27(9):133-136.

[2] 刘明伟,刘太君,叶 焱,等. 基于低功耗蓝牙技术的室内定位应用研究[J]. 无线通信技术,2015,24(3):19-23.

[3] HAN K,CHO S. Advanced LANDMARC with adaptive k-nearest algorithm for RFID location system[C]//IEEE international conference on network infrastructure and digital content. Beijing:IEEE,2010:595-598.

[4] 卢 伟,魏峰远,张 硕,等. 基于 ZigBee 的室内位置服务应用研究[J]. 测绘与空间地理信息,2014,37(10):75-77.

[5] 陈 斌. 基于 SVM 技术的室内室外定位方法研究与实现[D]. 北京:北京邮电大学,2015.

[6] 薛 伟,陈 璟,张 熠. 基于深度学习的 Wi-Fi 与 iBeacon 融合的室内定位方法[J]. 计算机工程与应用,2019,55(1):29-34.

[7] 张 剑. 基于 iBeacon 的室内定位技术研究和实现[D]. 成都:成都理工大学,2016.

[8] 张学军. 基于 Matlab 图像处理的车牌号识别系统设计[J]. 信息通信,2018(7):36-38.

[9] 李肖克,覃 旺. 面向服务的软件架构 SOA 及其支撑技术[J]. 电子技术与软件工程,2018(1):46.

[10] 王 飞,童敏明,白 琪,等. 基于 RSSI 的 ZigBee 动态加权质心四点定位算法[J]. 计算机应用研究,2018,35(9):2663-2665.

[11] 徐 进. 基于 RSSI 的室内无线定位算法的设计与实现[D]. 武汉:武汉理工大学,2015.

[12] SONG L,QIAO X. Signal processing method of a novel polarized array radar seeker[J]. Journal of Systems Engineering and Electronics,2013,24(5):772-779.

[13] 赵桦云. 基于 RSSI 的射频识别室内定位算法研究[D]. 太原:中北大学,2012.

[14] MA R,XIE G Z,ZHANG C. Design and implementation of agricultural logistics distribution vehicle scheduling system based on LBS[J]. Advanced Materials Research,2014,989-994:5504-5507.

[15] ABO-ZAHHAD M,AHMED S M,MOURAD M. Services and applications based on mobile user's location detection and prediction[J]. International Journal of Communications, Network and System Sciences,2013,6(4):165-175.