Design of Intelligent Parking Lot Based on Wi-Fi Positioning

Hao Chen Xiaoliang Sun Annan Cheng Shangliang Lu Zhongmian Gao

Shandong Jianzhu University, Qingdao, Shandong, 250101, China

Abstract

As the number of private cars increases, roads and parking lots within the city cannot meet the parking spaces required by the growing number of vehicles, making parking increasingly difficult. With location technology, people can plan the best path and quickly find available parking spaces. This system is designed using ultrasonic ratio sensor and Wi-Fi wireless communication technology, and the parking space detection terminal has the advantages of accurate detection of parking space status, low power consumption and low cost. In the Tencent Cloud server IoT platform, the platform is developed using Python and cloud disks, and the docking with the mobile Internet of Things is completed to realize the communication between the parking space detection terminal, mobile phone, and the IoT cloud platform.

Keywords

Wi-Fi positioning; positional fingerprint; WKNN algorithm; filtering algorithm

基于 Wi–Fi 定位的智能停车场设计

陈浩 孙晓亮 程安南 卢尚亮 高钟冕

山东建筑大学，中国·山东 青岛 250101

摘 要

随着私家车数量的增加，城市内的道路和停车场无法满足日益增长的车辆数量所需的停车位，使停车变得越来越困难。而利用定位技术，人们可以规划最佳路径并快速找到可用的停车位。这个系统利用超声比传感器和Wi-Fi无线通信技术进行设计，该车位检测终端具有准确检测车位状态、功耗低、成本低等优点。在腾讯云服务器物联网平台，利用python、云盘进行平台开发，完成与移动物联网进行对接，实现车位检测终端、手机、物联网云平台之间的通信。

关键词

Wi-Fi定位；位置指纹；WKNN算法；滤波算法

1 引言

相比其他室内定位技术，Wi-Fi 技术具有以下优点：Wi-Fi 信号传输距离比较远，且可以覆盖的范围比较广；传输速率快，可实现快速信息交流；部署方便，成本低。基于 Wi-Fi 信号的定位算法则是基于位置指纹的定位。根据 Wi-Fi 信号的空间差异性，将 RSS 向量作为指纹映射到位置坐标，通过在参考点（Reference Point，RP）处采集指纹并建立 Wi-Fi 指纹数据库的方式，匹配位置指纹来估算测试点（Test Point，TP）的位置信息。

2 基于 Wi–Fi 定位智能停车场设计

2.1 总体设计

基于 Wi-Fi 定位的智能停车场设计包括：

①硬件部分：基于激光雷达的构图机器人，主要用于构建最开始的定位地图，即构建在学校的地下停车场的地图。

②车位检测系统设计：具体工作为检测车位的状态，即检测该车位是否已有车辆停放。

③软件部分：基于 Python 的物联网数据传输：主要任务为数据库的搭建与储存，Wi-Fi 信号的处理，WKNN 算法的编写。

④基于位置指纹定位法的手机 APP，即主要功能为显示位置与方向，人机交互界面、定位显示、前端等。

2.1.1 系统的整体架构

系统架构总共分为 6 个部分，分别为环境搭建、数据库、应用层、硬件层、通讯层与展现层。

2.1.2 运行总流程

总流程分为三个阶段分别为，离线采集阶段，在线定位阶段与车位检测阶段，将详细地介绍三个阶段的具体功能，运行总流程如图 1 所示。

①离线采集阶段。

利用激光雷达构图机器人与 pc 端连接，对学校的地下停车场进行地形勘测与结构分析，并画出栅格地图。将地图

【作者简介】陈浩（2003–），男，中国山东青岛人，本科，从事机械电子工程研究。

保存备用后，在地下停车场标记参考点，共 598 个参考点。并布置了四个 Wi-Fi 信号发射器（AP），确保将定位精度和地下停车场的全部覆盖。接下来是数据库的收集与储存阶段，打开 Wi-Fi 信号发射器的开关，开始测量每一个参考点所对应的 Wi-Fi 信号强度。理论来说每一个参考点对应的 Wi-Fi 信号强度是唯一的，于是学术界生动形象地称之为“位置指纹”。利用 Python 将这些位置指纹数据处理，并保存备用。如此的数据库便搭建完成。

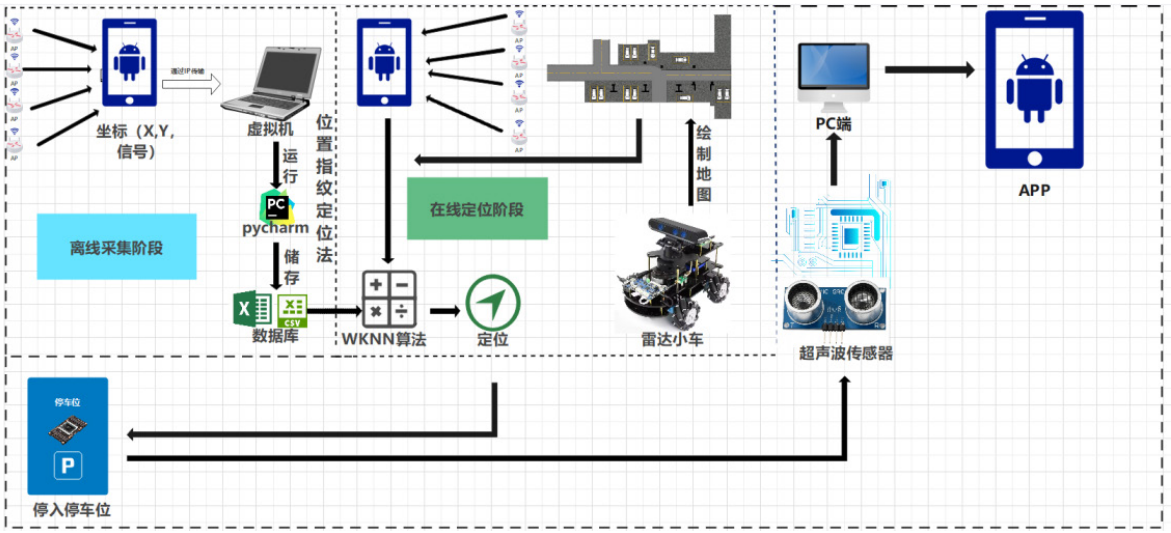

图 1 运行总流程

②在线定位阶段。

在待测点，利用手机定位 APP 扫描所有的 Wi-Fi 发射器的信号，将形成一条 Wi-Fi 信号指纹，手机 APP 将该指纹传输给 Python，Python 依次与指纹数据库内的指纹比对并计算相似程度，并测算出待测点所在的坐标。

③车位检测阶段。

将车位检测系统嵌入所有停车位的下方，以此来检测车位是否空余。

当车主使用 APP 时，将看到所有车位的空余状态。当车主找到空余车位，会将车辆停入车位，车位检测系统将会检测到车位已有车辆占用，并将信息传输给手机 APP。

2.2 数据库储存功能：基于 Python 的手机与物联网数据传输

云服务器指的是通过网络连接提供的一种虚拟化的服务器。他是将所有的资源和服务都托管在云服务商的数据中心中，并且可以根据实际需求进行弹性伸缩，即可快速部署应用程序、搭建网站、存储数据等功能。同时，由于云服务器的弹性伸缩特性，用户可以根据业务量或者访问量的变化，动态调整服务器的规模，从而节省成本，提高效率。

2.2.1 云服务器：Python 的运行环境

当采集各个参考点的“指纹数据”时，所采用的收集工具为手机，但的数据库需要储存在电脑上，所以当用普通方法手动采集时会十分困难。如果用手机采集，采集完毕，自动上传至电脑会十分方便。由于手机和笔记本电脑连接网络均为内网，二者无法进行信息互通。使用腾讯云服务器建立链接。

云服务器的搭建：利用公网制作的网站可以被任何设备访问。建立此网站目的是，利用网站作为媒介，用手机扫描 Wi-Fi 信号，访问并传输到借助公网制作的网站，再运行 Python 对此网站进行数据抓取工作和处理工作，最终形成 Excel 表格。该虚拟机含有 2 核 CPU、2GB 内存与 40GB SSD 云硬盘，勉强可以达到要求。操作系统为 Windows Server 2019 Data Center 64bit CN，比其他的操作系统更加稳定。

2.2.2 指纹数据库的储存

在虚拟机通过公网 IP 下载 Python 等一系列软件后，开始了软件的编程工作。通过学习 python 各种各样的模块，进行编写代码工作。首先，用于建立网站，该网站作为 Wi-Fi 扫描获得的数据的中转站，也俗称为“梯子”。其次，作为网站数据抓取工具，读取数据。最后，作为数据处理工作，将数据分析并填入 excel 表格内。

2.2.3 指纹数据库的传输

利用 python 编写 WKNN 的算法来计算实时定位到位置，实现了一个基于加权 K 最近邻算法的定位功能。该算法用于估计待定位数据（w1）在二维平面上的位置，通过计算待定位数据与已知位置数据集（从 3.csv 文件中读取）之间的欧几里得距离来确定最近的 K 个点，并对它们进行加权求和，得到估计位置。

具体来说，函数先通过读取 3.csv 测试集文件将数据集导入到程序中，然后将待定位数据转换成数组，同时将数据集也转换为数组。接下来，设定初始值 x、y 以及 K 值，定义一个数组 distance 用于储存每个位置点与待定位数据的距离，并且对距离进行排序，选取前 K 个距离最近的点。然后计算权重之和 sum，根据加权公式对 K 个点进行加权求和，

得到估计位置坐标并返回结果。

2.3 信号源：基于 ESP8266 的 Wi–Fi 发射源

ESP8266 含有高性能的 Wi-Fi 串口，是目前最广泛的 Wi-Fi 模块之一。购买了 7 块 Wi-Fi 模块，其中四块作为 AP 点发射 Wi-Fi 信号，其他三块作为备用模块。应用 ESP8266 单片机的 AP 模式，提供无线接入服务，允许其他无线设备接入，提供数据访问。

接下来进行程序的烧录，选择了 Arduino IDE 作为烧录软件，下载了 ESP8266 单片机的环境包与驱动。

这段代码是为了在 ESP8266 芯片上建立一个 Wi-Fi 接入点(Access Point，AP)，允许其他设备连接到它并与之通信。

一方面，它包含了头文件 ESP8266Wi-Fi.h，这个库提供了一些函数来实现 Wi-Fi 连接。

另一方面，在 setup() 函数中，它初始化串口通信，并将 GPIO 引脚 D4 设成输出模式。然后，通过调用 Wi-Fi.softAP() 函数，开启 NodeMCU 的 AP 模式。这个函数需要两个参数来设置网络名称和密码。代码中的名称是“AP2”，密码是“12345678”。

在 loop() 函数中，它通过交替地设置和清零 GPIO 引脚 D4，以产生一个闪烁效果，表示 NodeMCU 正在运行。

2.4 检测功能：基于超声波传感器的车位检测系统设计

超声波传感器的工作原理是基于声波在空气中的传播速度和回声的时间差来确定距离。传感器先发送一个高频的声波脉冲，并等待回声信号的返回。当回声信号返回时，传感器记录下此时的时间戳。然后，传感器通过计算发送信号和接收回声信号之间的时间差，就可以计算出物体与超声波传感器之间的距离。基于这个距离，车位检测系统可以判断车位是否有车辆停放。

具体的检测流程如下：

①安装超声波传感器：需要先将超声波传感器安装在车位上方的适当位置，将其安置在车位前端中央。

②发射声波：传感器会定期发射声波脉冲，这个声波脉冲会在车位表面和车顶之间来回反弹。

③接收反弹声波：传感器会接收这些反弹的声波，并计算它们之间的时间差。

④判断车位状态：根据时间差，传感器可以判断车位是否被占用。如果时间差很小，说明车位上有车；如果时间差较大，说明车位空闲。

⑤输出结果：根据车位状态，传感器会输出相应的信号，以便 APP 设备处理和显示。

3 算法选择与设计

WKNN（Weighted K-Nearest Neighbor）算法是一种基于 KNN（K-Nearest Neighbor）算法的改进方法，它将 KNN 算法中每个近邻点的权重考虑在内，从而更准确地分类新样本。该算法常用于模式识别、数据挖掘和分类等领域。WKNN 算法的步骤如下：

①计算实测的样本与每个参考点的距离。

②选择最近的 K 个临近点。

③为每个邻居计算一个权重值，通常是距离的倒数或指数函数。

④根据每个邻居的权重值计算类别的加权得分。

⑤将测试样本分类为具有最高得分的类别。

总体来说，WKNN 算法通过考虑邻居之间的权重关系来改进 KNN 算法，从而更准确地分类新样本。

4 结语

Wi-Fi 指纹数据库的采集成本是限制 Wi-Fi 室内定位普及的一个主要问题。建立 Wi-Fi 指纹数据库需要花费大量时间和精力，在地下停车场采集实验数据后深有体会。根据采集数据的经验，可以发现采集数据是一项机械、枯燥、重复的任务。这种任务最适合机器自动完成。相信未来可以用机器人来实现此数据库的搭建。

参考文献

[1] 周洪波.地下停车场基于Wi-Fi信号的室内定位方法研究[D].北京:华北电力大学(北京),2021.

[2] 丁一钧,聂电开,武存山.基于北斗系统和物联网的野外图像采集设备防盗定位系统设计[J].物联网技术,2020,10(9):31-32+36.

[3] 旭辉,高博林.煤矿定位系统快速建站移站调平装置设计[J].陕西煤炭,2023,42(2):1-5.

[4] 祎承,杨东晓,高翔,等.面向智能汽车的地下停车场定位与路径规划[J].光学精密工程,2023,31(5):757-766.

[5] Ma Zhanwu. Application of GPS Positioning Technology in Civil Engineering Survey[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science,2020,560(1).

[6] Li Bai, Tang Shiqi, Zhang Youmin, et al. Occlusion-Aware Path Planning to Promote Infrared Positioning Accuracy for Autonomous Driving in a Warehouse[J].Electronics,2021,10(24).

[7] 徐建华,张雨霖,韩勇强.基于移动节点辅助定位的UWB室内定位方法[J].中国惯性技术学报,2023,31(2):141-147.