



计算机测量与控制
Computer Measurement & Control
ISSN 1671-4598, CN 11-4762/TP

《计算机测量与控制》网络首发论文

题目：基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环设计
作者：朱扬，杨延宁，董晨乐，冯树栋，杜永星
网络首发日期：2024-01-22
引用格式：朱扬，杨延宁，董晨乐，冯树栋，杜永星. 基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环设计[J/OL]. 计算机测量与控制.
<https://link.cnki.net/urlid/11.4762.TP.20240119.1704.018>



网络首发：在编辑部工作流程中，稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定，且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式（包括网络呈现版式）排版后的稿件，可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定；学术研究成果具有创新性、科学性和先进性，符合编辑部对刊文的录用要求，不存在学术不端行为及其他侵权行为；稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准，正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性，录用定稿一经发布，不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容，只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认：纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊（光盘版）》电子杂志社有限公司签约，在《中国学术期刊（网络版）》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版，以单篇或整期出版形式，在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊（网络版）》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物（ISSN 2096-4188，CN 11-6037/Z），所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环设计

朱扬¹, 杨延宁^{1,2}, 董晨乐¹, 冯树栋¹, 杜永星¹

(1.延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000;

2.南昌理工学院, 南昌 330044)

摘要: 针对当前游乐场管理效率低, 游客体验感差等问题, 设计了一种基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环系统; 利用 STM32F103C8T6 作为主控芯片、通过 MAX30102 心率传感器进行游客心率数据的采集, 采样频率为每秒钟 4 次, 并设置报警阈值; ESP8266WiFi 模块作为智能手环与服务器交流的传输媒介, 调整工作模式为 Station 模式下, 使用基于指纹匹配的定位算法实现 WiFi 定位; 通过可以反复擦写与编程的 XZ-T1010C 型抗金属型 RFID 标签存储游客信息, 实现了 WiFi 定位、自动计费、心率检测等功能; 测试表明, 设计的游乐场智能手环系统心率检测误差最大不超过 3 次/分钟, 并能够很好的记录和保存游客信息, 能够满足游客需求, 提高游乐场管理效率, 大大节省游乐场人力成本。

关键词: 游乐场; WiFi 定位; 智能手环; STM32F103C8T6; 自动计费; 心率检测

中图分类号: TP391.7

Design of Playground Smart Bracelet Based on STM32F103C8T6

ZHU Yang¹, YANG Yanning^{1,2}, DONG Chenle¹, FENG Shudong¹, DU Yongxing¹

(1.School of Physics and Electronic Information, Yan 'an University, Yan 'an 716000, China;

2.Nanchang Institute of Technology, Nanchang 330044, China)

Abstract: Aiming at the problems of low management efficiency and poor visitor experience, a playground smart bracelet system based on STM32F103C8T6 was designed. STM32F103C8T6 is used as the main control chip, and MAX30102 heart rate sensor is used to collect tourists' heart rate data, the sampling frequency is 4 times per second, and the alarm threshold is set. The ESP8266WiFi module is used as the transmission medium for the communication between the smart bracelet and the server. The working mode is adjusted to Station mode, and the positioning algorithm based on fingerprint matching is used to realize WiFi positioning. The XZ-T1010C metal-resistant RFID tag, which can be repeatedly erased and programmed, stores tourist information and realizes WiFi positioning, automatic billing, heart rate detection and other functions. The test shows that the heart rate detection error of the designed playground smart bracelet system is no more than 3 times/minute, and can record and save tourist information well, which can meet the needs of tourists, improve the management efficiency of the playground, and greatly save the labor cost of the playground.

Key words: Playground; WiFi positioning; Smart bracelet; STM32F103C8T6; Automatic billing; Heart rate detection

0 引言

随着科技的不断发展和社会的进步, 游乐场作为一种受欢迎的娱乐和休闲场所, 吸引着众多的游客前来体验, 但是游乐场存在着买票队伍长, 浪费游客时间; 游乐场娱乐项目众多, 收费不一等问题。现如今的市场上没有一款应用于游乐场的系统, 以至于游乐场管理效率低, 游客体验感差。针对以上问题, 本文提出了一种基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环, 该智能手环采用 STM32F103C8T6 作为主控芯片, 搭载心率检测模块、WiFi 通信模块、OLED

显示模块、自动计费模块和紧急呼叫按钮，实现心率监测、定位功能、游玩项目计费以及紧急呼叫等特性。通过 ESP8266 作为 WiFi 通信模块，智能手环可以与服务器实现双向通信，实现游客预约、定位、收费等功能，为游乐场管理提供更高效的管理方式。MAX30102 心率检测模块可以实时监测游客的心率数据^[1]，并在设定情况下进行报警，保障游客的安全。同时，搭载 OLED 显示模块，游客可以实时查看自己的心率和定位地图，提升游乐体验。自动计费模块使用 RFID 技术^[2]，记录游客游玩项目，为游乐场提供准确的计费依据，增强管理效率。

1 系统结构及原理

本文设计的基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环设计采用 STM32F103C8T6 作为主控芯片，硬件区域由心率检测模块、WiFi 模块、OLED 显示模块、电源模块、自动计费模块和紧急呼叫按钮组成。软件区域设计了游客预约网页、WiFi 通信程序、数据库搭建、数据库程序和 OLED 实现。基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环设计系统结构示意图如图 1 所示。

由图 1 可知，STM32F103C8T6 单片机作为硬件设备工作的核心，ESP8266WiFi 模块作为硬件系统与服务器交流的传输媒介并实现 WiFi 定位功能^[3]，MAX30102 心率检测模块时刻监测游客心率数据，心率数值在触发设定的情况下通过蜂鸣器进行报警，当出现紧急情况，游客可以通过按动手环的紧急呼叫按钮向服务器发送定位和身份信息进行求助，自动计费模块使用 RFID 技术实现了游客游玩项目的记录，并在游玩结束后游乐场根据记录进行收费，OLED 显示屏用于显示游客的实时心率和游客游玩信息，当 WiFi 模块得到的定位数据经过 WiFi 指纹库比对之后也将在 OLED 屏显示定位信息^[4]，以便于游客随时了解自身状态和所处位置。

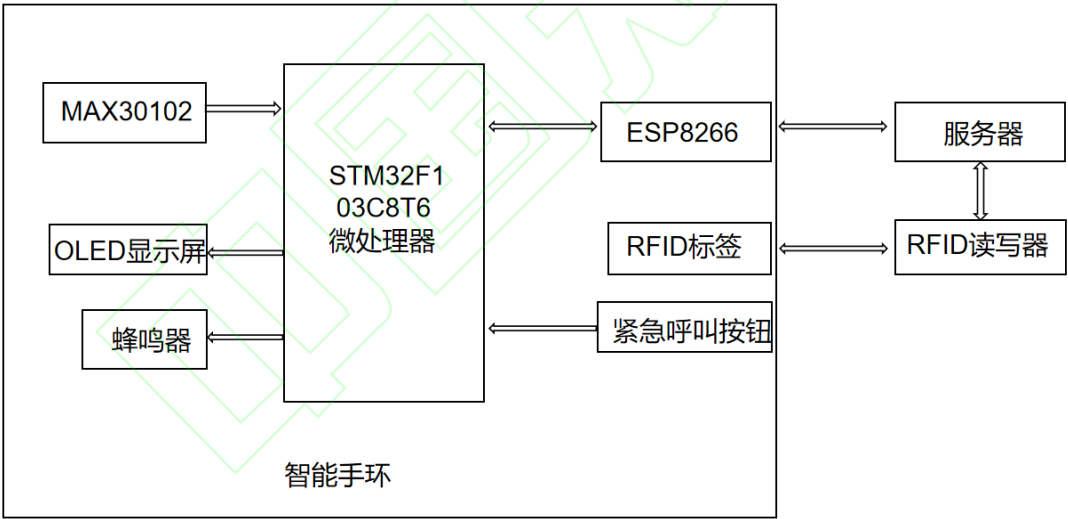


图 1 系统结构示意图

2 系统硬件设计

2.1 主控电路设计

采用 STM32F103C8T6 单片机作为主控芯片，该芯片采用 ARM Cortex-M3 内核，具有高性能、低功耗、丰富的外设接口等优势。STM32 是智能手环系统的重要组成部分，负责处理从心率传感器等模块获取的原始数据，并对数据进行处理，以得到准确的信息；可以控制 OLED 屏幕显示游客信息、定位信息、心率指数等内容；将处理 WiFi 模块扫描到的信号强度数据，并可能根据预先建立的信号强度-距离模型进行定位计算；监测按钮状态，并在需要时触发紧急呼叫的操作。STM32 单片机和电源电路、时钟电路、复位电路等构成单片机最小系统，确保系统可靠启动以及手环内部各模块同步工作。STM32 智能手环主要模块

设计如图 2 所示。

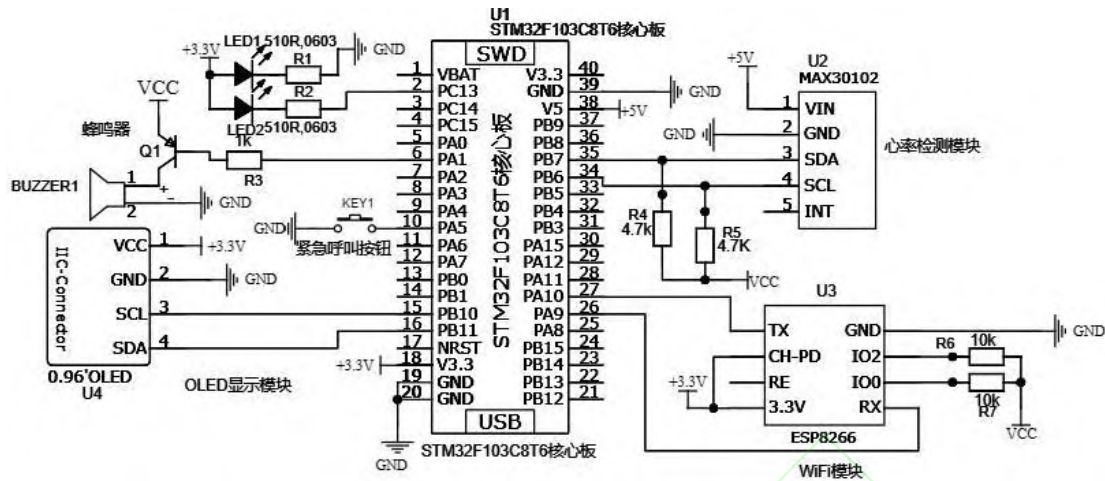


图 2 STM32 智能手环主要模块结构图

2.2 电源模块设计

智能手环的供电部分采用 USB 充电方式进行系统供电，并通过手环内置的蓄电池保证手环的长时间工作状态^[5]。STM32F103C8T6 的工作电压为 2.0 至 3.6 V,由于 ESP8266 等模块的工作电压通常为 3.3V,为使各个模块能够正常工作,采用了 LM1117GS-3.3 稳压芯片设计了如图 3 所示的电源供电电路,用于将输入电压稳定地调节为输出电压 3.3V,以确保电路中的元件和模块能够在稳定的电压下工作。

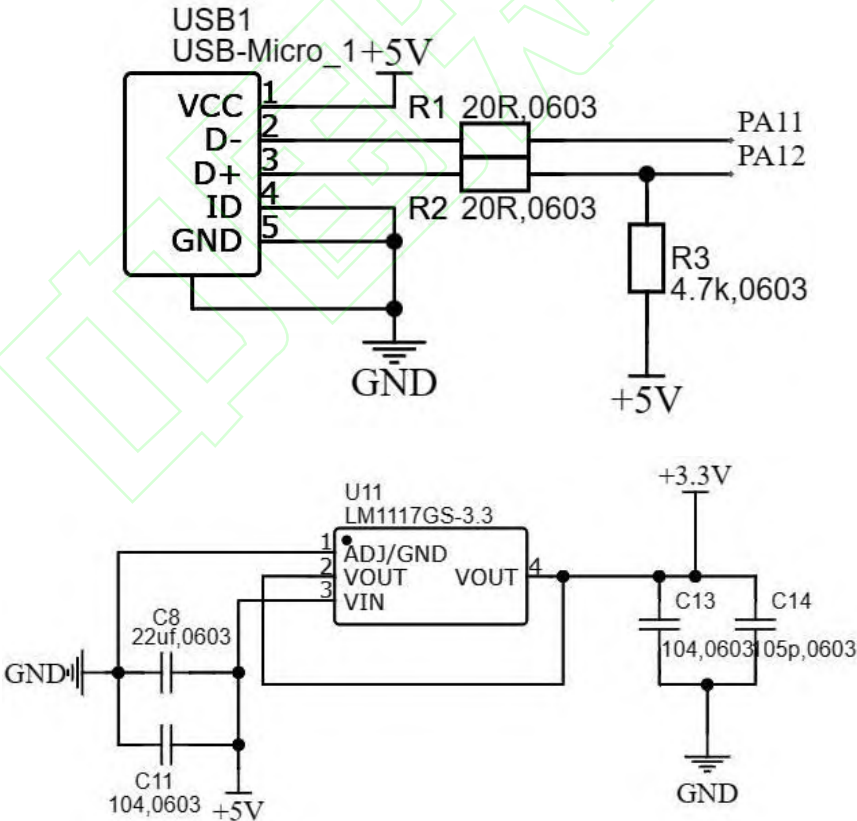


图 3 电源模块设计

2.3 WiFi 模块

WiFi 模块作为智能手环系统中的重要组成部分，主要用于实现 WiFi 定位功能和智能手环与服务器之间的通信。本次设计采用 ESP8266 芯片来完成 WiFi 模块的设计和开发。ESP8266 WiFi 模块是一种可编程的、低功耗、高性价比的无线网联芯片方案。它支持 TCP/IP 协议栈，并可以通过串口实现与其他设备的连接和通讯。ESP8266 WiFi 模块与 STM32F103C8T6 主控芯片之间的通信通过串行实现，ESP8266 模块可以通过 UART（串行通信）与 STM32F103C8T6 进行数据交换。ESP8266 的主要引脚连接如下：VCC，电源正极接口，连接至 3.3V 电源；RXD、TXD 串口通信引脚，分别与 STM32F103C8T6 主控板上的 PA9 和 PA10 引脚相连。在连接之后，需要配置串口通信参数，使用 AT 指令设置波特率为 9600，数据位为 8 位，停止位为 1 位，无校验位，以确保数据的准确传输和接收。

MAX30102 模块是一款集成了红外光发射器和接收器的心率传感器模块，能够实现对血氧饱和度（SpO2）和心率的测量^[6]。它采用了微小的 LED 和光电晶体管，以非侵入性方式测量血液中的脉搏信号，并将其转换成数字信号输出。MAX30102 检测到的信号通过 I2C 通信方式传输到单片机，单片机对接收原始数据进行滤波和预处理，减少噪声、干扰等影响。I2C 通信总线的 SDA 和 SCL 信号线，分别与 STM32F103C8T6 主控板上的 PB7 和 PB6 引脚相连，实现与主控芯片之间的数据交换和通信。I2C 总线是由开漏输出的引脚驱动的，引脚能够拉低（输出 0），但不能直接拉高（输出 1），当所有设备都没有主动拉低引脚时，这两个引脚就会处于悬空状态，可能会漂浮到未定义的电平这会导致 I2C 通信出现问题。因此，在 I2C 总线连接 4.7kΩ 的上拉电阻以确保在通信空闲时引脚处于高电平状态，从而保持 I2C 总线在正确的状态，心率检测模块如图 4 所示。

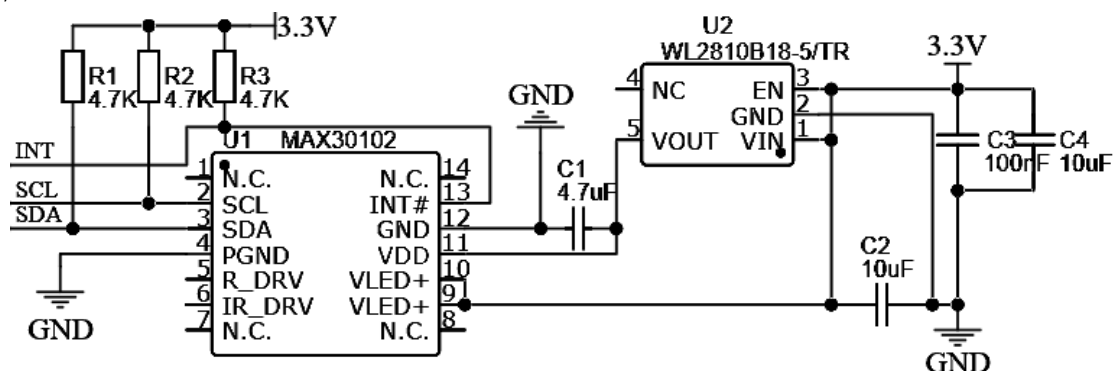


图 4 心率检测模块示意图

2.5 自动计费模块

智能手环内嵌的 RFID^[8]标签采用 XZ-T1010C 型抗金属标签,它采用 ISO18000-6C 协议,数据传输速率在 40Kbps-640Kbps, 工作频率在 902-928MHz 之间, 允许在电子设备的作用下进行数据的擦除和编程, 因此具有可重写的特性。当游客在预约网站进行预约之后, 管理员可以通过后台查看到游客的预约信息, 完整的游客信息会被写入到标签之中, 游客在进入游乐场后会拿到与之对应的手环。由于标签具有可擦除重写的特性, 当手环使用过后, 对标签内容及时进行清洗, 以重复利用。RFID 作用原理图如图 5 所示。

游乐场需要对每一个读写器进行编号, 每一个编号对应一个项目有不同的价格, 将 RFID 读写器安装在游乐场每一个项目处, 负责读取游客手环内 RFID 标签中写入的游客信息, 当 RFID 读写器扫描到标签, 会读取标签内容并将编号、读取时间以及用户信息提交到数据库进行保存并通过服务器发送到游客对应的手环, 在 OLED 屏显示。当游客结束游玩, 通过检索用户信息, 调出用户游玩记录比并根据记录进行收费。

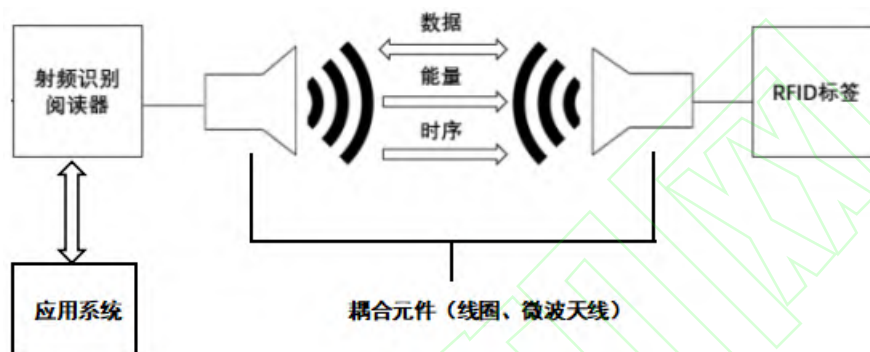


图 5 RFID 作用原理图

2.6 OLED 显示模块

OLED 屏幕（Organic Light Emitting Diode）使用有机发光二极管（OLED）作为显示元素, 具有自发光、超薄轻便、高响应速度、低功耗等优点。其作用是接收并显示 STM32F103C8T6 单片机传送过来的心率数据和定位地图等, OLED 屏幕 VCC 引脚连接到 +3.3V 电源供电, SDA 连接 STM32 的 PB11 引脚, SCL 连接 STM32 的 PB10 引脚, 确保与 STM32 能够保持正常通信。连接好 OLED 屏幕之后对其进行初始化, 配置通信接口并编写 OLED 驱动程序, 以显示图像和文字。

2.7 紧急呼叫按钮

紧急呼叫按钮的两个引脚分别连接 STM32F103C8T6 的 PA5 引脚与地线。在 STM32F103C8T6 主控芯片上配置 PA5 引脚为输入模式, 并设置中断触发条件。当紧急呼叫按钮被按下时, PA5 引脚将发生状态变化, 触发中断, 手环向服务器发送求助信号, 包括游客信息和定位信息。

2.8 WiFi 定位算法

WiFi 定位是一种基于 WiFi 信号的定位技术, 通过扫描附近的 WiFi 热点, 获取其信号强度和其他特征, 从而推断设备的位置信息, 在 WiFi 覆盖的场所可以提供相对准确的定位结果。WiFi 定位的原理基于信号强度与距离之间的关系, 当设备与多个 Wi-Fi 热点建立连接时, 通过测量接收到的信号强度（RSSI）, 可以估计设备与每个热点的距离^[9]。

实现 WiFi 定位之前需要对 WiFi 信号强度与距离关系进行建模, 通过先验数据或计算模型, 将接收到的信号强度与设备与热点之间的距离关系建立起来。建模方法使用指纹定位（Fingerprinting）, 即在不同位置进行信号强度的采样, 建立信号强度与位置之间的映射关系。通过收集大量数据并建立数据库, 可以在定位时将当前位置的信号强度与数据库中的样本进行比较, 从而估计设备的位置适用范围广。指纹定位方法不依赖于特定的硬件, 相对成本较低, 可以根据不同的需求进行优化和调整。

成功建立 WiFi 指纹库后, 在定位过程中, 需要一个匹配算法来比较当前位置的信号强度数据与数据库中的数据, 此次设计使用最近邻算法, 最近邻算法适用于小规模数据集, 不需要大规模的训练数据和预先训练模型, 可以在实时环境中进行实时预测^[10]。

最近邻算法 (Nearest Neighbor Algorithm, NNA) 是一种常用的基于指纹匹配的定位算法。它基于已知位置的指纹数据和当前位置的指纹数据之间的相似性来确定最近匹配的位置。测量当前位置的 WiFi 信号强度之后, 需要使用相似性度量方法来计算当前位置的 WiFi 信号强度值与指纹库中各个位置的相似性。相似性度量值越小表示越相似, 即信号强度越接近。

欧氏距离 (Euclidean distance) 是一个用于测量两个点之间的距离的常用度量方式。它基于欧几里得几何学中的距离概念^[11], 用于在 n 维空间中计算两个点之间的直线距离, 每个指纹点可以表示为一个多维向量, 其中每个维度对应于一个测量特征。对于在 n 维空间中的两个点 $P(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 和 $Q(y_1, y_2, \dots, y_n)$, 它们之间的欧氏距离记为 $d(P, Q)$, 如

$$d(P, Q) = \sqrt{((x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2 + \dots + (x_n - y_n)^2)} \quad (1)$$

式中, $\sqrt{\quad}$ 表示开平方根, $(x_1 - y_1)^2$ 表示点 P 和点 Q 在第 1 个维度上的差的平方, $(x_2 - y_2)^2$ 表示点 P 和点 Q 在第 2 个维度上的差的平方, 以此类推, 直到第 n 个维度。欧氏距离可以看作是两点之间的直线距离, P 表示参考点或基准点的信号强度或特征向量。这个位置是已知的, 它的信号强度或特征向量作为参考用于比较和计算距离。 Q 表示待定位位置的信号强度或特征向量。这个位置是需要确定的, 通过与参考点 P 的信号强度或特征向量进行比较来估计其位置。 x_1, x_2, \dots, x_n 是特征向量的不同维度或组成部分, 在 WiFi 定位中, 用每个 x 表示一个信号强度值, 对应于一个 WiFi 接入点(AP), 在二维空间中, 它就是我们熟知的两点之间的距离公式。在高维空间中, 它仍然适用, 通过比较不同位置的特征向量之间的欧氏距离来衡量多个特征之间的相似性或差异性。

其他相似性度量方法还有余弦相似度^[12]、曼哈顿距离、切比雪夫距离等, 与欧氏距离和曼哈顿距离相比, 切比雪夫距离更加激进, 因为它只考虑两个点在各个维度上的最大差异, 而忽略了其他维度上的差异。这可能导致在某些情况下, 切比雪夫距离不够敏感, 在选择距离度量方法时, 需要根据实际情况来考虑数据的特点和需求, 在本次设计中, 对于定位精度要求不高, 与其他相似性度量方法相比, 欧氏距离适用于连续的数值型数据, 对于数据范围和尺度不敏感, 适用于绝对值大小的比较, 并且距离计算较为简单, 计算效率较高, 满足设计需求, 所以选用欧氏距离相似性度量方法。

通过计算出的相似性度量值与指纹库进行比较, 选择指纹库中与当前位置最相似的位置作为最近邻位置。最近邻位置即为当前设备的估计位置, 将其作为定位结果输出。

3 系统软件设计

3.1 游客预约网页设计

Django^[13]是 Python 的开源 Web 应用框架, 它提供了高效开发工具和功能, 包括 ORM、自动生成管理界面、URL 路由和视图机制^[14], 以及安全性特性, 使开发者能快速构建可靠的 Web 应用程序。本文用 Django 设计一个简洁明了的游客预约页面, 包含必要的表单字段, 如姓名、联系方式、身份证号码, 预约时间及日期, 并添加验证机制, 确保用户输入的数据合法有效。游客登记的信息将保存进游客身份信息数据库中, 并在之后通过 RFID 读写器写入为游客准备智能手环标签中。

3.2 自动计费实现流程

要实现自动计费功能, 第一步需要根据游客预约的个人信息为每一个游客制做对应的手环。首先游客需要在预约网页中登记预约人的身份信息, 游客预约的个人信息, 姓名、联

系方式、年龄、预约日期等信息在保存后将存入数据库，在游客预约的时间之前由 RFID 读写器将游客的个人信息写入到标签中，每个游客的标签包含独特的身份识别信息，以便在后续环节中识别不同游客，这样游客可以得到对应自己身份的一个手环。第二步是记录游客游玩项目。在游乐场中游客每进入一个娱乐项目，项目中的读写器将读取游客的手环中的个人信息与游玩项目的编号及进出时间提交至数据库进行保存，读写器提交的游玩记录可以在数据库中进行实时更新，这些数据也将同步显示在手环的 OLED 屏上，使游客可以随时查看自己的游玩信息。最后，当游客结束游玩，管理人员调出游客游玩记录进行结算收费并回收智能手环。基于 RFID 技术的自动计费流程图如图 6 所示。

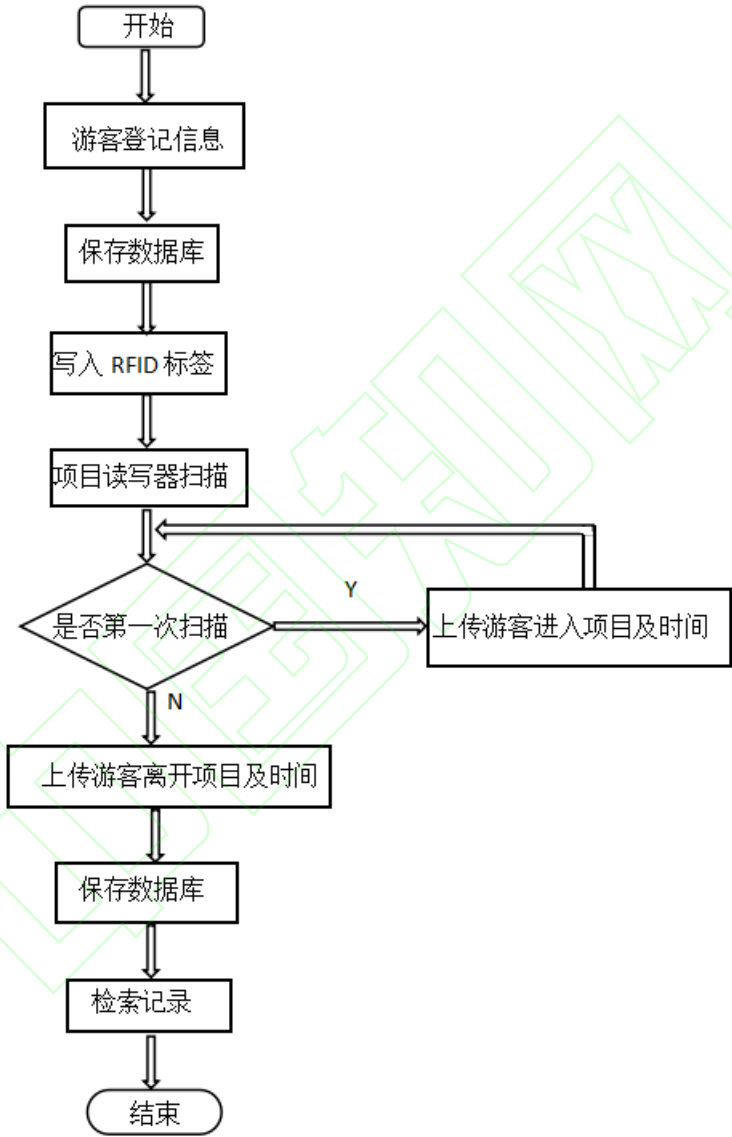


图 6 自动计费逻辑图

3.3 WiFi 通信与定位程序设计

3.3.1 WiFi 通信

要实现 WiFi 通信，首先需要 ESP8266 WiFi 模块连接到服务器。在通过将 GPIO0 引脚连接到地（GND）来进行硬件复位之后，设置 ESP8266 的工作模式为 Station 模式（连接到 WiFi 网络），在 Station 模式下，ESP8266 作为客户端可以连接到一个已有的 WiFi 网络，使用 AT 指令连接成功之后，ESP8266 会获得一个 IP 地址，表示已成功连接到 WiFi 网络。

ESP8266 有多种网络传输模式，包括单连接模式（Single）和多连接模式（Multiple），本次设计 ESP8266 只需要与一个服务器建立连接，所以采用单连接模式，在 AT 指令下连接到指定的服务器，设置 ESP8266 的数据传输格式为透传模式（Transparent Transmission Mode, TTM）^[15]，它可以在串口接收数据时，立即将数据通过网络发送给服务器，避免了数据在 ESP8266 上的临时存储和处理，从而提高数据传输的效率。所用到的 AT 指令如表 1 所示

表 1 AT 指令表

AT指令	含义
AT+UART_DEF=9600,8,1,0,0	设置波特率、数据位、停止位和校验位
AT+RST	启动 WiFi 模块
AT+CWMODE=1	设置工作模式为 Station
AT+CWLAP="your_ssid","your_password"	连接 WiFi 网络
AT+CIPMODE=1	设置透传模式
AT+CIPMUX=0	设置单连接模式

3.3.2 搭建 WiFi 指纹库

要实现 WiFi 定位功能，首先要建立目标区域的 WiFi 指纹库。WiFi 指纹库是通过在特定位置收集和记录 WiFi 信号强度和 MAC 地址等信息，然后将这些信息与对应的位置信息进行关联。这样，当用户使用设备扫描周围的 WiFi 网络时，系统可以根据扫描到的 WiFi 信号信息在 WiFi 指纹库中找到最匹配的记录，从而确定用户当前的位置。在指纹库搭建过程中，通过收集多个参考点的 WiFi 指纹信息，可以提高定位精度，在建立 WiFi 指纹库要确保以下几点：

- （1）区域覆盖：确保目标区域内的 WiFi 信号覆盖稳定且完整。并且确保有足够的 WiFi 接入点（AP）分布在目标区域内，以获取更全面的 WiFi 信号强度数据。
- （2）采样点选择：在目标区域内选择一系列离散的采样点作为位置参考点。采样点应尽可能涵盖整个区域，并具有代表性，包括不同的环境条件和障碍物。
- （3）采集 WiFi 信号强度：在每个采样点，使用 ESP8266 来进行数据采集 WiFi 接入点（AP）的 MAC 地址和相应的 WiFi 信号强度值（RSSI）^[16]。
- （4）数据处理：对于每个采样点，收集多个 WiFi 接入点的 MAC 地址和对应的 RSSI 值，形成一个指纹数据项，并使用平均值方法对多个采样值进行处理，获得更稳定和可靠的指纹数据。
- （5）坐标标记：在建立 WiFi 指纹库时，每个采样点都需要关联一个准确的位置坐标，可以使用 GPS 定位技术获取采样点的位置坐标，并将其与 WiFi 指纹数据关联起来。首先，确保手机或平板电脑等设备启用了 GPS 功能，在设置中，找到位置服务选项，并确保其处于启用状态。一旦启用 GPS，设备会开始寻找卫星信号，一旦设备成功获得 GPS 信号，我们就可以使用应用程序或设备本身提供的功能来获取当前位置的经纬度坐标，获得了采样点的经纬度坐标之后，记录这些数据以备后续使用^[17]。

建立 WiFi 指纹库是一个迭代的过程，需要持续进行数据采集、处理和更新，在采样时要确保采样点的选择和分布合理，以获得准确、可靠的 WiFi 指纹库。

3.4 数据库设计

使用 Django 框架的 ORM（对象关系映射）功能可以很方便地创建以上结构的数据库。Django 的 ORM 功能允许使用 Python 代码来定义数据库模型和表之间的关系，而无需直接编写 SQL 语句^[18]。使用 Django 的命令行工具创建一个新的 Django 项目和应用，创建一个名为"myproject"的 Django 项目和一个名为"myapp"的应用，在"myapp"应用中，打开"models.py"文件，并根据表 2 游客表、表 3 项目表、表 4 游客进出表三个表的数据库结构，在其中定义数据库模型。在定义完模型后，使用 Django 的迁移功能来同步数据库结构，这

将创建数据库中的对应表和字段^[19]，现在就可以使用 Django 的 ORM 功能来进行数据库的增删改查操作和查询游客数据。

表 2 游客表

字段	含义
VisitorID	游客 ID，主键，唯一标识每个游客
Name	游客姓名
Age	游客年龄
DATE	预约日期
Contact	游客联系方式

表 3 项目表

字段	含义
ProjectID	项目 ID，主键，唯一标识每个项目
Project	项目编号
Price	项目价格

表 4 进出记录表

字段	含义
RecordID	记录 ID，主键，唯一标识每条进出记录
VisitorID	外键，与游客表关联，表示进出记录对应的游客
ProjectID	外键，与项目表关联，表示进出记录对应的项目
CheckInTime	进入时间，记录游客进入项目的时间
CheckOutTime	离开时间，记录游客离开项目的时间

3.5 OLED 屏幕设置流程

在 STM32 单片机上使用 u8g2 库^[20]初始化 OLED 屏幕并设置屏幕大小、分辨率等参数，并使用库提供的绘图函数，想要显示的心率指数、游玩数据、WiFi 定位等信息并设置合适的文本大小、位置、颜色等元素，绘制了所需的信息，使用 u8g2 库的函数将绘制的内容更新到屏幕上。

4 实验结果与分析

本文通过对基于 STM32F103C8T6 的游乐场智能手环的硬件和软件设计进行详细分析，提出了一个全新的游乐场智能手环系统方案。在该方案中，通过硬件和软件设计搭建了一个完整的系统。为了验证系统性能，进行了游客信息预约登记网页的调试和心率检测模块的检测。

4.1 游客信息保存检测

通过游客信息预约登记网页，游客可以方便地进行个人信息的登记和预约操作，为验证信息的准确记录和保存，对预约信息保存进行检测。通过注册实验账号，利用此账号登记预约信息（姓名：张三；年龄：18；联系方式：zlin388@gmail.com；游玩日期：2023-7-24），在登记预约信息并保存之后，使用管理员账号登陆后台查看游客预约信息是否得到完整保存。图 7 为后台查看到的信息。

Name:

张三

Age:

18

Email:

zlin388@gmail.com

Visit date:

2023-07-24


Today | 

图 7 管理员界面

通过检测游客数据得到了及时并完整的保存，但在后续的操作中然保留着遗失、误删等风险，需要及时对数据进行保存及备份。

4.2 心率检测模块调试检测

实际测试时，所处环境温度为 20℃。采用对照试验对智能手环的心率检测准确性进行检测。分别使用智能手环和市面上的运动手表同时对 16 岁的青少年在慢跑状态下进行心率检测，并设定相同的采样率 4 次/秒，从数据中取样 10 次同时刻心率值（单位：次/分钟）的平均值为一组，共采样 10 组来进行比较分析，通过进行多次采样，并取平均值来减少可能的误差。取样结果如表 5 所示，实验组为智能手环，对照组为与运动手表。

表 5 取样表

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
实验组	130	134	140	139	149	151	163	156	159	162
对照组	132	137	141	136	151	149	162	153	161	163

对照两组数据，最大误差为 3 次/分钟，实验组 10 次取样平均值约为 148.3 次/分钟，对照组 10 次取样平均值约为 148.5 次/分钟，两组数据结果相近。要得出更可靠的结论，需要在实验中使用更大的样本量，以及更多的对照组来进行对比试验，并对采样率等参数进行调整，以达到更高的准确率。

4.3 WiFi 定位测试

为验证智能手环的定位精度，设计了一下测试。在温度为 20℃的条件下，因为需要测试 WiFi 接入点在不同密集程度时的精度，以三个无线 AP 共同组成不同直径大小的圆，分别对智能手环的精度进行测试。由于游乐场场地问题，本文只选取直径 5-50m 进行测试，测试在水平方向上进行，测试的实际直径大小分别选 5m, 10m, 15m, 20m, 25m, 30m, 35m, 40m, 45m, 50m，得到的测试结果如图 8 所示。

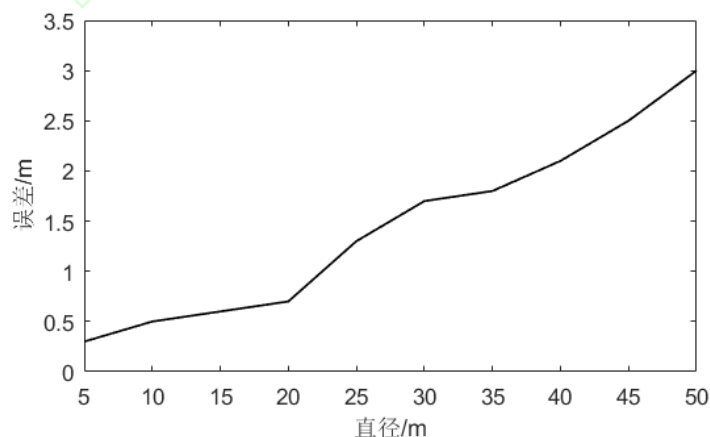


图 8 测试结果图

从图 8 中可以看出当实际测量值为 5-50m 之间时，随着圆周直径的增大，智能手环与实际位置之间的误差在逐渐增大，在直径为 20m 之内时，最大误差不超过 1m；在直径为 30m 之内时，最大误差不超过 2m；在直径为 50m 之内时，最大误差不超过 3m。所以在实际应用中，智能手环系统基本能够满足定位功能，方便游客进行位置查询和管理员及时处理紧急事故，当然智能手环也存在一些弊端，在附近遮挡物较多时，会对手环的定位精度造成较大误差，在后续的改进中，需要对定位算法进行优化，确保定位结果的准确性。

4.4 计费统计

本文智能手环自动计费功能依托于 RFID 技术实现，通过 RFID 阅读器读取 XZ-T1010C 型标签内的用户信息，服务器通过接收阅读器传送的数据结合阅读器编号对应的项目进行收费。为验证智能手环计费功能是否满足设计需求，进行以下测试：测试温度为 20℃，设定工作频率为 920MHz，在 1-4m 范围之间，对 8 个测试项目分别进行编号并对应不同的价格，通过查看阅读器是否读取到数据和服务器最终统计出来的结果来进行测试，测试结果如表 6 所示。由于遮挡物会对信号产生影响，在阅读器周围放置遮挡物进行测试，测试结果如表 7 所示。

表 6 无遮挡测试表

项目 编号	费用 /元	距离 /m	阅读器是 否读取	服务器 统计费用
1	10	0.5	是	10
2	15	1.0	是	15
3	20	1.5	是	20
4	25	2.0	是	25
5	30	2.5	是	30
6	35	3.0	是	35
7	40	3.5	否	--
8	45	4.0	否	--

表 7 有遮挡测试表

项目 编号	费用 /元	距离 /m	阅读器是 否读取	服务器 统计费用
1	10	0.5	是	10
2	15	1.0	是	15
3	20	1.5	是	20
4	25	2.0	是	25
5	30	2.5	否	--
6	35	3.0	否	--

从表 6 可以看出测试项目编号 1-6，测试范围在 1-3m 之间时，阅读器成功读取到标签内信息，服务器也准确的计算出对应价格，7、8 号项目测试距离大于 3m 时，显示读取失败，并且也没有记录进服务器，所以在无遮挡情况下，阅读器的有效测试距离在 3m 内。从表 7 可以看出，存在遮挡的情况下，大于 2m 的范围都不能被检测到，遮挡物对检测结果影响较大。所以在实际应用中，阅读器的安装应该在出入口的 3m 范围内，并确保附近无遮挡，避免对信号产生影响。

5 结束语

针对于游乐场管理效率低，游客体验感较差等现状，基于 STM32F103C8T6 单片机设计

了一个游乐场智能手环系统，其中使用了 MAX30102 心率检测模块、ESP8266WiFi 模块、OLED 显示模块等硬件设计和游客预约网页、数据库等软件设计实现了游客信息的预约登记、自动计费、心率检测和 WiFi 定位等功能，为游客提供了方便并增加了游客的体验感以及提高了游乐场的管理效率。未来，我们将继续优化和完善该系统，在智能手环方面会增加人机交互，更可能的增加游客游玩的体验感，并在登记网页中加入更多的游乐场信息及条目，方便游客更容易了解游乐场的娱乐项目，使其更加智能化和便捷化，以满足不断增长的游客需求。

参考文献：

- [1] 白鹏飞,刘强,段飞波等.基于 MAX30102 的穿戴式血氧饱和度检测系统[J].激光与红外,2017,47(10):1276-1280.
- [2] 李泉林,郭龙岩.综述 RFID 技术及其应用领域[J].中国电子商情(RFID 技术与应用),2006(1):51-62.
- [3] 程翠,殷树才,彭勇.基于 WIFI 的变电站远程无线视频监控系统设计[J].信息通信,2013(9):51-52.
- [4] 唐洋,白勇,马跃等.基于 WiFi 的指纹匹配算法在室内定位中的应用研究[J].计算机科学,2016,43(5):73-75.
- [5] 毛彤,周开宇.可穿戴设备综合分析和建议[J].电信科学,2014,30(10):134-142.
- [6] 姬军,王景华,曾毅东等.基于 MAX30101 芯片的脉搏血氧监测研究[J].中国医学装备,2020,17(10):27-31.
- [7] 孙薇,唐宁,江贵平.脉搏波信号特征点识别与预处理方法研究[J].生物医学工程学杂志,2015,32(1):197-201.
- [8] 丁治国. RFID 关键技术研究及实现[D].合肥:中国科学技术大学,2009.
- [9] 邓志安. 基于学习算法的 WLAN 室内定位技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.
- [10] 周傲英,杨彬,金澈清等. 基于位置的服务:架构与进展[J]. 计算机学报,2011,34(7):1155-1171.
- [11] 李琳,李辉.一种基于概念向量空间的文本相似度计算方法[J].数据分析与知识发现,2018,2(5):48-58.
- [12] 张振亚,王进,程红梅等.基于余弦相似度的文本空间索引方法研究[J].计算机科学,2005(9):160-163.
- [13] 李迎辉.Python 开发 Rails 框架——Django 框架介绍[J].程序员,2006(11):107-110.
- [14] 肖文娟,王加胜.基于 Vue 和 Spring Boot 的校园记录管理 Web App 的设计与实现[J].计算机应用与软件,2020,37(4):25-30+88.
- [15] 朱兆丰,刘静琦,周振虎等.基于 STM32 的室内环境监测系统设计[J].物联网技术,2021,11(6):6-9.DOI:10.16667/j.issn.2095-1302.2021.06.001.
- [16] R.K.GHOSH,K.DAS S.A survey on sensor localization[J].Journal of Control Theory and Applications,2010,8(1):2-11.
- [17] 王群.车联网的安全机制及关键技术研究[D].南京:南京理工大学,2016.
- [18] 曾浩.基于 Python 的 Web 开发框架研究[J].广西轻工业,2011,27(8):124-125+176.
- [19] 王军丰. 基于 Web 的工作流管理系统的设计与实现[D].西安:西安建筑科技大学,2003.
- [20] 彭钰皓,亓相涛.基于 ESP8266 的天气数据分析系统设计[J].电脑编程技巧与维护,2019(9):75-79.DOI:10.16184/j.cnki.comprg.2019.09.027.

基金项目：延安科技计划项目(2019ZCNZ-001)；陕西省能源大数据智能处理重点实验室项目(IPBED11、IPBED16)；陕西省教育厅科技计划项目(21JK0983)；延安大学疫情防控应急

科研项目(ydfk060、ydfk062)。

作者简介：朱扬（2002—），男，陕西咸阳，硕士，研究生

董晨乐（1999—），男，陕西咸阳，硕士，研究生

冯树栋（1998—），男，河南林州，硕士，研究生

杜永星（1996—），男，陕西宝鸡，硕士，研究生

通讯作者：杨延宁（1988—），男，陕西延安，博士，教授

