



湖南省第十七届大学生计算机程序设计竞赛

-----应用开发类竞赛（2021）

系统设计说明书

作品名称： 基于嵌入式技术与深度学习的

智能家居系统

作品类别： 嵌入式软件类

作者： 王云鹏、卢思怡、刘润

指导老师： 贺建飏

单位： 中南大学

二零二一年七月十九日



目录

一、 作品简介.....	3
二、 功能需求说明书.....	5
1. 项目背景.....	5
2. 应用市场分析.....	6
3. 功能要求描述.....	8
三、 概要设计说明书.....	10
四、 详细设计说明书.....	11
1. 智能门控.....	11
2. 智能家电控制.....	14
3. 机器人跟随式健康监测.....	17
五、 界面设计说明书与用户操作手册.....	22
1. 智能门控.....	22
2. 智能家电控制.....	25
3. 机器人跟随式健康监测.....	26
六、 安装与环境配置手册.....	29
1. 智能门控.....	29
2. 智能家电控制.....	29
3. 机器人跟随式健康监测.....	30



一、作品简介

据研究机构 StrategyAnalytics 预测，智能家居市场将会在 2021 年恢复，消费者支出将增加至 620 亿美元，全球智能家居市场将继续以 15% 的复合年增长率增长，到 2025 年达到 880 亿美元。智能家居的快速发展，实际上是未来生活蓝图构建过程中的必然趋势。

我们的作品是一个整体的系统，从不同的角度构建了一个一站式智能家居解决方案，主要包括三个模块：智能门控、智能家电控制、主动式健康监测。

智能门控

智能门控是基于计算机视觉技术与深度学习的人脸识别系统，其核心是一块树莓派 4B 与外接的摄像头。我们训练了一个残差网络用于实现对于人脸的识别，同时利用 PyQt 实现了一个图形用户界面，让用户只需轻击按钮即可完成对于人脸的识别，从而让自动控制系统打开大门。

智能家电控制

智能家电控制是基于嵌入式技术开发的用户友好型交互系统，其核心是一块 STM32 的开发板，其作为我们的开发平台提供了丰富的接口。我们利用了一块触摸显示屏提供图形用户界面，通过用户的点击发送控制家电的信号，目前的 demo 实现了对于窗帘的开关以及电灯的开关。

我们利用 STM32F429 控制步进电机带动窗帘运动。用户可以通过按动按钮或触碰触控屏幕上的按键实现窗帘的打开和关闭。同时利用 STM32F429 的 GPIO 控制对应电灯的继电器，从而使用户在触摸电容式 LCD 触摸屏时可以远程控制室内照明。



机器人跟随式健康监测

机器人跟随式健康监测模块是通过智能家居机器人配备的雷达等传感设备感知信号的强弱，定位人体，识别障碍物，动态规划路径。实现对被看护对象的自动跟随。智能家居机器人的自动跟随功能可以实时定位被看护人的位置，用摄像头记录看护人的动态。为独居弱势群体提供更完善的安全保障。看护模块在实现自动跟随的过程中采用深度学习的yolo 框架实现对被跟随目标的姿态检测，判断被看护对象是否摔倒。

研究表明，老年人跌倒总病死率比无跌倒的老年人高 5 倍，如跌倒后 1h 仍不能站起来者，其病死率还要高 1 倍。在对独居弱势群体的看护过程中，及时监测到摔倒现象具有十分重大的意义。通过智能家居机器人中看护模块中的自动跟随和摔倒检测功能，可以大大降低老年人意外摔倒但无人发现而致死致伤的风险。

总之，家庭生活自动化、智能化是目前信息家电发展的趋势，相信这套系统经过完善之后必然可以引起人们的兴趣，拥有更广泛的应用场景。



二、功能需求说明书

1. 项目背景

电影《钢铁侠》中的 AI 管家贾维斯几乎满足了人类对于智能家居的一切幻想——主动、无感、准确。“他”像一位追随多年的仆人一样了解你的喜好，只要一个命令便可完成一套指令。而 AI 没有感情，它所以依靠的便是环境感知进而根据用户习惯进行调控，为其营造舒适的家居环境。它体现的智能技术不仅影响了我们的沟通方式，而且影响了我们在家中的生活方式。从控制我们灯光的语音助手到在工作期间监控前门的安全系统，这些技术在 21 世纪的住宅中日渐流行。

智能家居是在互联网影响之下物联化的体现。智能家居通过物联网技术将家中的各种设备（如音视频设备、照明系统、窗帘控制、空调控制、安防系统、数字影院系统、影音服务器、影柜系统、网络家电等）连接到一起，提供家电控制、照明控制、电话远程控制、室内外遥控、防盗报警、环境监测、暖通控制、红外转发以及可编程定时控制等多种功能和手段。与普通家居相比，智能家居不仅具有传统的居住功能，兼备建筑、网络通信、信息家电、设备自动化，提供全方位的信息交互功能，甚至为各种能源费用节约资金。

智能家居的发展普遍分为三个阶段：智能单品阶段、智能互联阶段、主动智能阶段。从当下的家电市场来看，各个品类的中高端产品已经基本实现了单品智能化的覆盖，单品智能设备也是当下智能家居市场规模主要构成部分。不过这种智能单品的体验效果有些鸡肋，功能以连接手机、状态记录、远程操作、语音操控为主，在用户日常生活中的实用性



并不很强。这也是智能单品阶段的缺点：以产品为中心，各单品间孤立分散，功能不突出，使用体验较差。因此，智能家居必须向第二、三阶段过渡；由单品智能向场景互联过渡；由“强行”智能向实用智能过渡。

视觉和传感交互在智能家居设备的应用将成为语音之后的新兴增长点，智能家居设备将向多模态交互进一步发展。预计到 2021 年 24% 的智能家居设备将搭载视觉或传感交互功能。视觉传感交互技术的提升将进一步催化智能家居设备中的可移动性产品发展。

可视化操作是消费电子进化过程中，由功能机走向智能机的转折点。屏幕的植入，催生了操作系统的演进，进而实现了如今的屏幕时代。除了智能音箱之外，电冰箱、化妆镜、开关面板等我们日常生活中接触到的各种产品都开始屏幕化，不少产品还融入了智能生态圈。从厨卫到客厅，大屏无论是显示还是操控都更适合智能家居的应用需求。

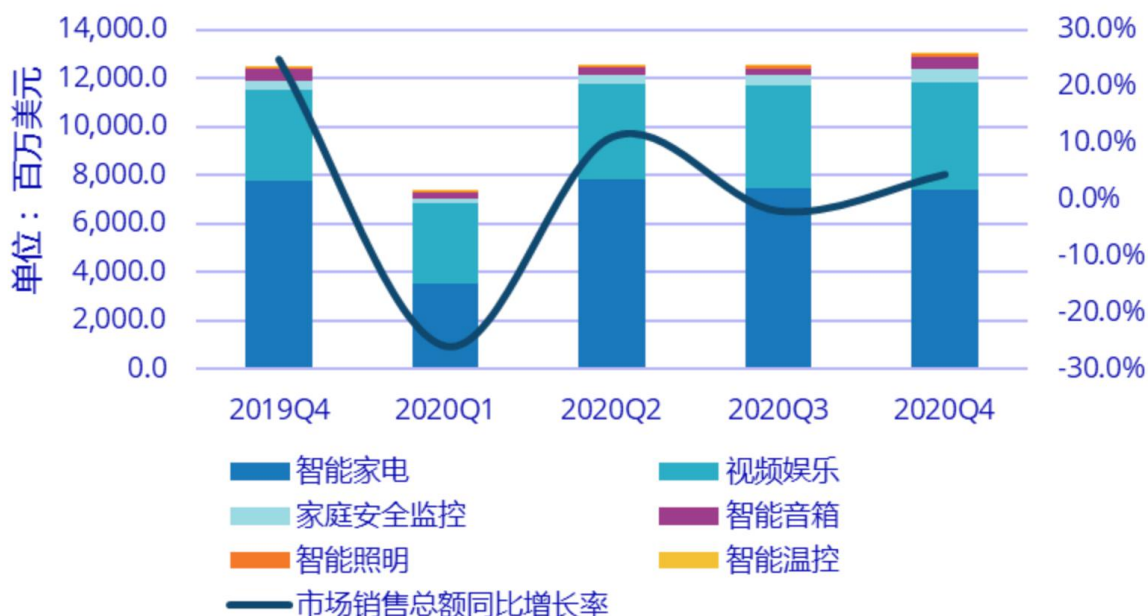
2. 应用市场分析

放眼全球，如今“宅经济”在各地兴起，同样让智能家居在全球范围内高速成长。据研究机构 StrategyAnalytics 预测，智能家居市场将会在 2021 年恢复，消费者支出将增加至 620 亿美元，全球智能家居市场将继续以 15% 的复合年增长率增长，到 2025 年达到 880 亿美元。智能家居的快速发展，实际上是未来生活蓝图构建过程中的必然趋势。

IDC《中国智能家居设备市场季度跟踪报告，2020 年第四季度》显示，2020 年第四季度中国智能家居设备市场出货量为 6,087 万台，同比增长 6.0%，销售额为 130 亿美元，同比增长 4.4%。市场呈现回暖态势。

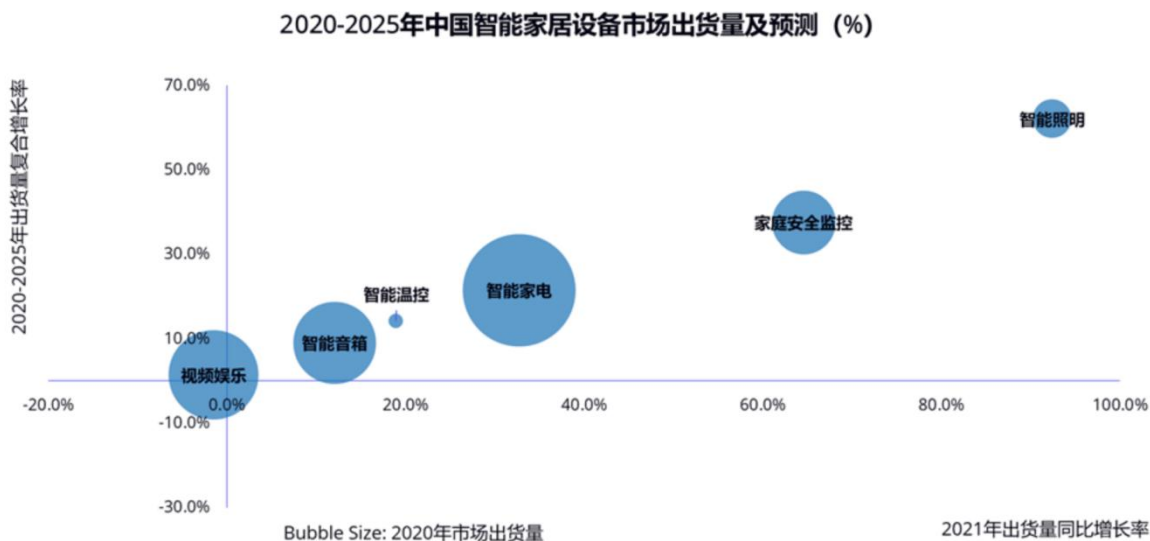


中国智能家居设备市场销售额及同比增长率， 2019Q4-2020Q4



家庭安全/监控市场第四季度出货量为 817 万台，同比增长 24.9%，销售额接近 6 亿美元，同比增长 43.4%。其中智能摄像头和智能门锁市场产品升级带动均价上涨。家庭视频娱乐市场出货量同比出现小幅下降，但受上游面板价格上涨传导，智能电视均价在第四季度进一步提升，带动家庭视频娱乐市场销售额同比增长 18.1%。智能家电市场第四季度出货量、销售额均同比下滑，其中智能大家电市场需求亟待提振是导致整体家电市场下行的主要因素，智能小家电市场出货量、销售额延续增长态势。

面对新冠疫情和上游供应紧缺带来的压力，2020 年全年中国智能家居设备市场出货量为 2 亿台，同比下降 1.9%。2021 年中国智能家居市场将走出阴霾，迎来反弹，预计全年出货量接近 2.6 亿台，同比增长 26.7%。



根据 IDC《中国智能家居设备市场季度跟踪报告, 2020 年第四季度》, 2020 年中国家庭温控设备市场、智能照明设备市场和家庭安防监控设备市场出货量分别同比增长 250.1%、71.4%和 14.4%。用户对智能家居设备的消费需求从娱乐、尝鲜逐步向舒适、全面转移, 为环境感知及管理场景提供了广阔的发展空间。未来五年内, 这一场景下的相关设备将成为中国智能家居设备市场增长的重要驱动力。

3. 功能要求描述

为了给用户提供综合的智能家居体验, 我们从不同角度为用户提供一站式解决方案, 包括智能门控、智能家电控制、机器人跟随式健康监测三个部分。

智能门控

人脸录入: 界面上应当显示摄像头画面, 识别出人脸的轮廓, 同时用户可以通过按钮的点击完成人脸的录入

人脸识别: 界面上应当显示摄像头画面, 识别出人脸的轮廓, 同时软件将识别出当前人脸是否是已经录入人脸的用户



智能家电控制

窗帘控制：当用户按动窗帘关闭的实体按钮或屏幕对应触控区域时，步进电机会产生对应的运动姿态，使窗帘关闭。反之，当用户按动窗帘打开的实体按钮或屏幕对应触控区域时，步进电机会产生对应的运动姿态，使窗帘打开。

电灯控制：当用户按动电灯关闭的实体按钮或屏幕对应触控区域时，对应的继电器会断开，使电灯关闭。反之，当用户按动电灯打开的实体按钮或屏幕对应触控区域时，对应的继电器会闭合，使电灯打开。

机器人跟随式健康监测

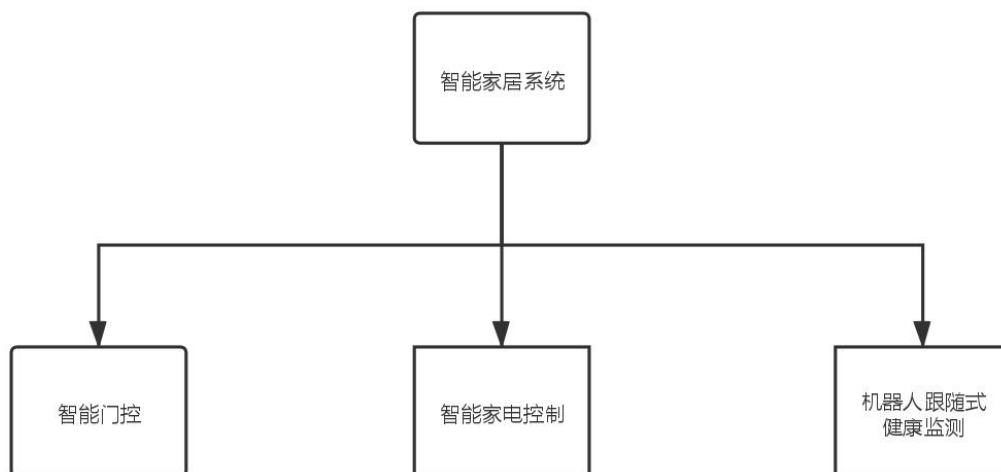
自动跟随：机器人启动后自动开启自动跟随。智能家居机器人通过判断不同时刻的检测区域中对象的变化，自动跟随正在移动且移动具有连续性的物体来实现对被看护对象的实时跟随且不会因为其他移动物体的出现而丧失跟随目标。

摔倒检测：根据人体站立和卧倒两种姿态，采用深度学习中的 yolo 框架，通过当前镜头内的人体姿态判断当前对象的姿态是处于站立还是卧倒，在从站立到卧倒两种姿态转换时，改变识别到的对象标签值为摔倒。从而实现摔倒检测。



三、概要设计说明书

我们的作品是一个整体的系统，从不同的角度构建了一个一站式智能家居解决方案，主要包括三个模块：智能门控、智能家电控制、主动式健康监测。其结构图如下。



其中智能家电控制是以嵌入式技术为核心的家电控制模块，运行在STM32上，提供触摸显示屏供用户控制家中各种电器。主要的设计内容包括：界面的设计规划、硬件设备的管理驱动、外部中断的使用处理。

智能门控是以深度学习技术为核心的人脸识别模块，运行在树莓派上，使用户得以刷脸开门，避免了易丢易失的钥匙门卡等材料的不便之处。主要的设计内容包括：深度网络的训练、界面的设计规划。详细内

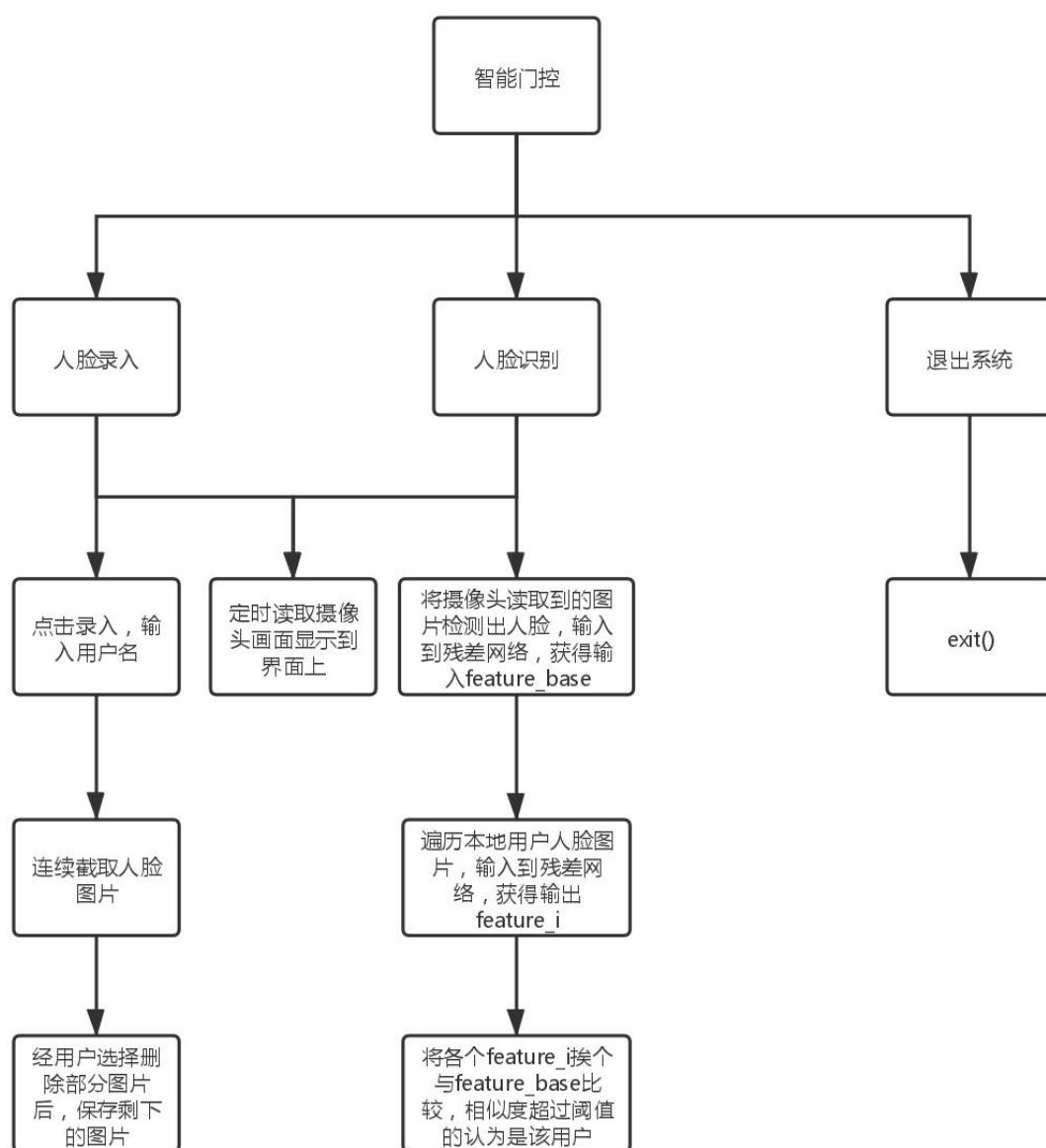
机器人跟随式健康监测是以动态路径规划与人体姿态监测技术为核心的健康管理模块，运行在树莓派为基础的机器人上，保证弱势群体在跌倒后得以快速向外发出求救信号，保证了用户的生命健康安全。主要的设计内容包括：局部路径规划算法（DWA算法）、Yolo目标检测算法框架。详细内容将在下一章中介绍。



四、详细设计说明书

1. 智能门控

智能门控模块根据功能可分为三个部分：人脸录入，人脸识别，退出系统。人脸录入让用户输入用户名并且保存对应的用户人脸到本地；人脸识别将摄像头读取到的人脸图片输入深度网络获得特征，然后将这个特征与本地保存的所有用户的人脸照片对应的特征进行比较，若相似度超过阈值即认定为是已录入的用户。退出系统即一键关闭软件的功能。



本模块的核心部分在于人脸检测与识别的 **resnet** 网络，人脸识别部分的实现利用了特征值的比较。我们训练的残差网络做的是分类任务，将数据集中的不同人脸进行分类。那么用在人脸识别上很自然的想法是将录入的用户照片也放入网络进行训练，但是我们的代码运行在树莓派上，计算能力较弱。若用户进行一次录入就要进行一次训练，那么时间的花费是不可接受的。

所以我们采用的方法是：将用户录入的图像保存到本地，并不用于训练网络。而是在用户进行人脸识别的时候，将捕捉到的图像输入到网络获得输出向量作为特征值。然后遍历本地所有用户的头像输入到网络获取特征值，将两种特征值利用 **cosine** 值进行比较，相似度大于阈值的则视为是同一个人。

下面重点介绍 **resnet** 的实现。**resnet** 基本结构 **basicblock**。首先是 x_1 输入进入一个卷积层得到 x_2 ，然后 x_2 经过激活函数 **relu** 得到 x_3 ，然后 x_3 再次进入一个卷积层得到 x_4 ，然后将 x_4 与 x_1 相加后得到 x_5 ，然后将 x_5 经过激活函数 **relu** 得到输出 y 。结构如下所示。

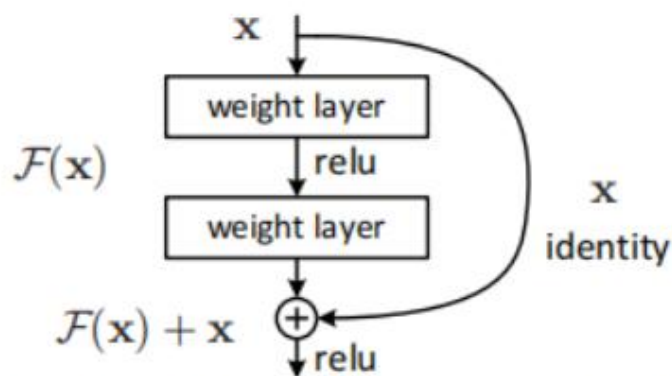
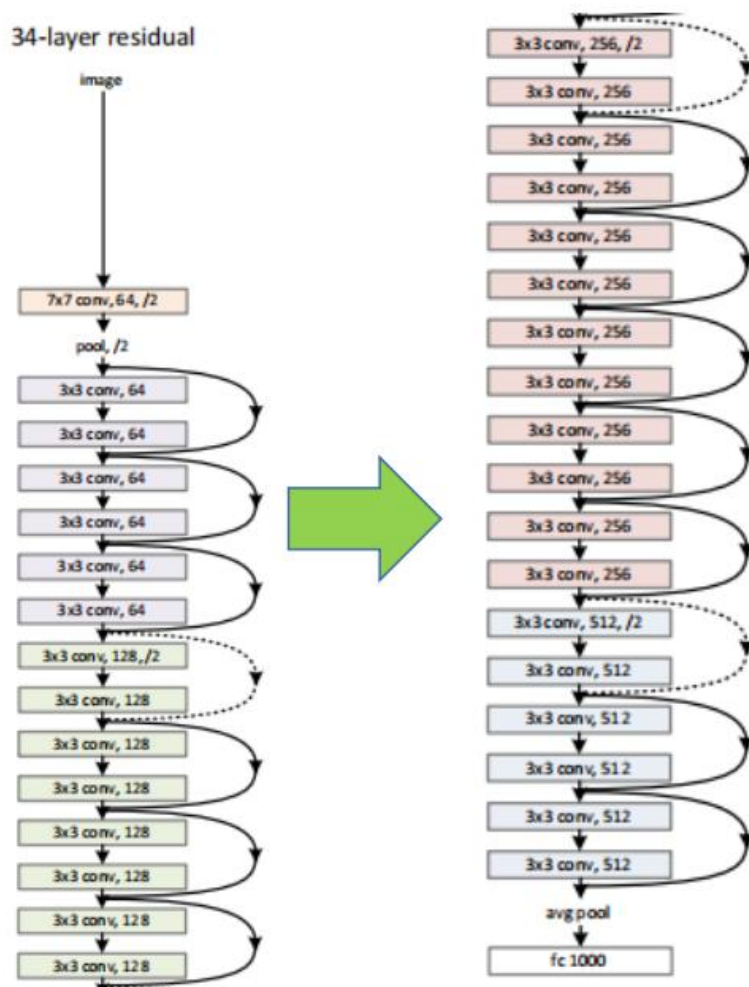


Figure 2. Residual learning: a building block.

其中将 x_4 与 x_1 相加的步骤被称为残差连接,这也是为什么这种网络被叫做残差网络。残差连接的好处在于,将前面的输出张量与后面的输出张量相加,从而将前面的表示重新注入下游数据流中,这有助于防止信息处理流程中的信息损失。resnet18 的整体结构如下图。

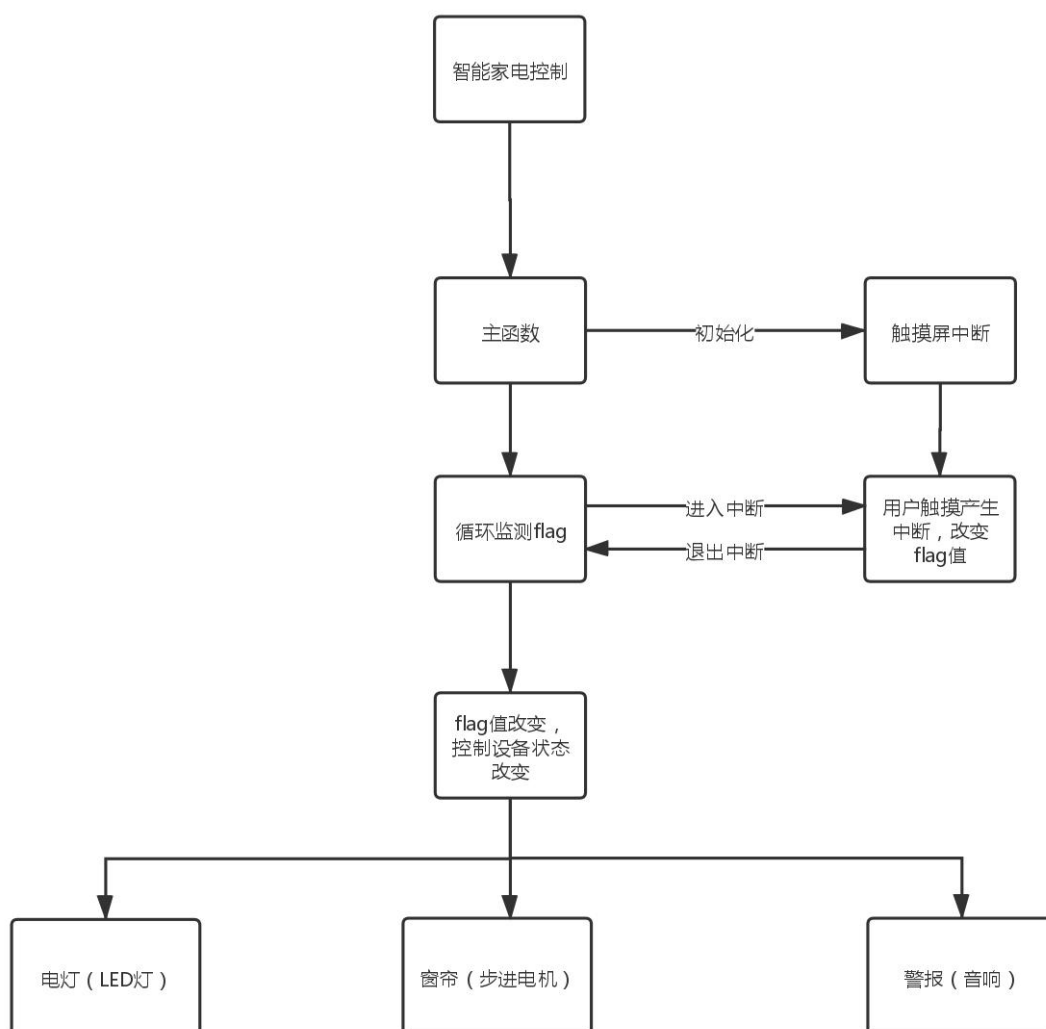


同时,这次的实现中采用了批标准化的技术。即使在训练过程中均值和方差随时间发生变化,批标准化也可以适应性地将数据标准化。批标准化的工作原理是,训练过程中在内部保存已读取每批数据均值和方差的指数移动平均值。批标准化的主要效果是,它有助于梯度传播(这一点和残差连接很像),因此允许更深的网络。



2. 智能家电控制

模块运行时，首先进入主函数，进行一系列初始化，包括对触摸屏、LED 灯、步进电机、音响、外部中断等设备的初始化。然后主函数会进入一个判断多个设备 **flag** 的死循环，当触摸屏中断到来时进入中断处理函数，在中断处理函数中改变相应设备的 **flag** 值，返回主函数后根据 **flag** 的值执行相应设备的控制函数，同时改变触摸显示屏上的设备状态值。设计结构图如下。



其中值得关注的部分有触摸屏界面的设计、中断的设计、不同设备的控制。



触摸屏界面的设计

我们要设计触控屏的界面，这需要计算按键的触控区域，为后续的触控逻辑做好准备。我们使用的屏幕的分辨率是 480×800 ，我们需要用直尺量出各个按键区域相对于屏幕左上角的位置，我们记某点相对于屏幕左上角的位置为 (x_{re}, y_{re}) ，单位 cm ，则对应的 $\text{tp_dev.x}[0]$ 和 $\text{tp_dev.y}[0]$ 数值分别为：

$$\begin{cases} \text{tp_dev} \cdot \text{x}[0] = \rho_x \frac{x_{re}}{x_{LCD}} \\ \text{tp_dev} \cdot \text{y}[0] = \rho_y \frac{y_{re}}{y_{LCD}} \end{cases}$$

其中 ρ_x 、 ρ_y 分别代表屏幕的 x 方向上的分辨率和 y 方向上的分辨率， ρ_x 、 ρ_y 分别代表屏幕的 x 方向上的分辨率和 y 方向上的长度。通过上式，就可以计算出各个需要设计触控反馈的触控区域了。

中断的设计

在主函数进入死循环时，当外部中断到来，程序会进入到中断服务程序执行，执行完之后再返回退出的位置接着执行。我们使用的这个 LCD 电容触摸屏分为 LCD 显示和触摸屏两个部分，这块屏幕由一块驱动芯片支持，这个芯片的型号为 **GT911**，关于触摸屏的驱动芯片，这个芯片给出了四根线连接到外面。包括 I2C 的 **SCL** 和 **SDL**，所以触摸屏（准确的说是驱动芯片）和 CPU 通信是通过 I2C 协议的。还包括有一根中断 **int** 线，正是通过这根线发出的中断信号。

中断需要在主函数中进行初始化，包括设置时钟信号、设置中断引脚、设置触发信号模式（上升沿触发还是下降沿触发）、设置中断优先级、使能中断。在使能中断时需要根据中断引脚确定中断号，中断号对



应的服务函数将在进入中断时调用。在中断到来时，程序会调用中断服务程序，先进 **handler**，再在 **handler** 中调用 **callback** 函数。最后调用的 **callback** 是这个库里所有中断都会调用的一个服务函数，在其中利用 **switch** 来判断到底是什么中断。

同时需要注意的是，中断代码需要尽量保证简短，否则在代码运行进入中断后迟迟无法退出会影响其他任务与中断的执行。所以我们只在中断中改变了不同设备的 **flag** 值，然后在主函数中处理这个设备的控制任务。

不同设备的控制

电灯，也就是 **LED** 灯的控制较为简单，只要控制对应引脚的电平就可以改变 **LED** 灯的状态。由于 **STM32** 的 **CPU** 采用的指令集是 **ARM** 架构的，**ARM** 是统一编址，所以说这个地址看上去和内存地址并无不同，操作起来也十分方便。

窗帘，也就是步进电机的控制稍显复杂，**STM32F429** 需要产生 **PWM** 信号，作为步进电机的运动信号，步进电机的旋转速度与其相关，对应不同的环境，根据用户需求的需要，需要设置不同的转速。所以如何产生合适的 **PWM** 信号是需要实际调研和调试的。

警报，也就是音响的控制。将准备好的警报音频放到 **SD** 卡的 **MUSIC** 文件夹中（**MUSIC** 文件夹需要自己创建），然后将 **SD** 卡插入到开发板的 **SD** 卡槽中。这张 **SD** 卡在开发板中会被识别为 **0:**盘。这段声音文件会在执行的时候被读入内存，然后分片写入音响的执行部分，并循环接续直到声音文件全部写入为止。

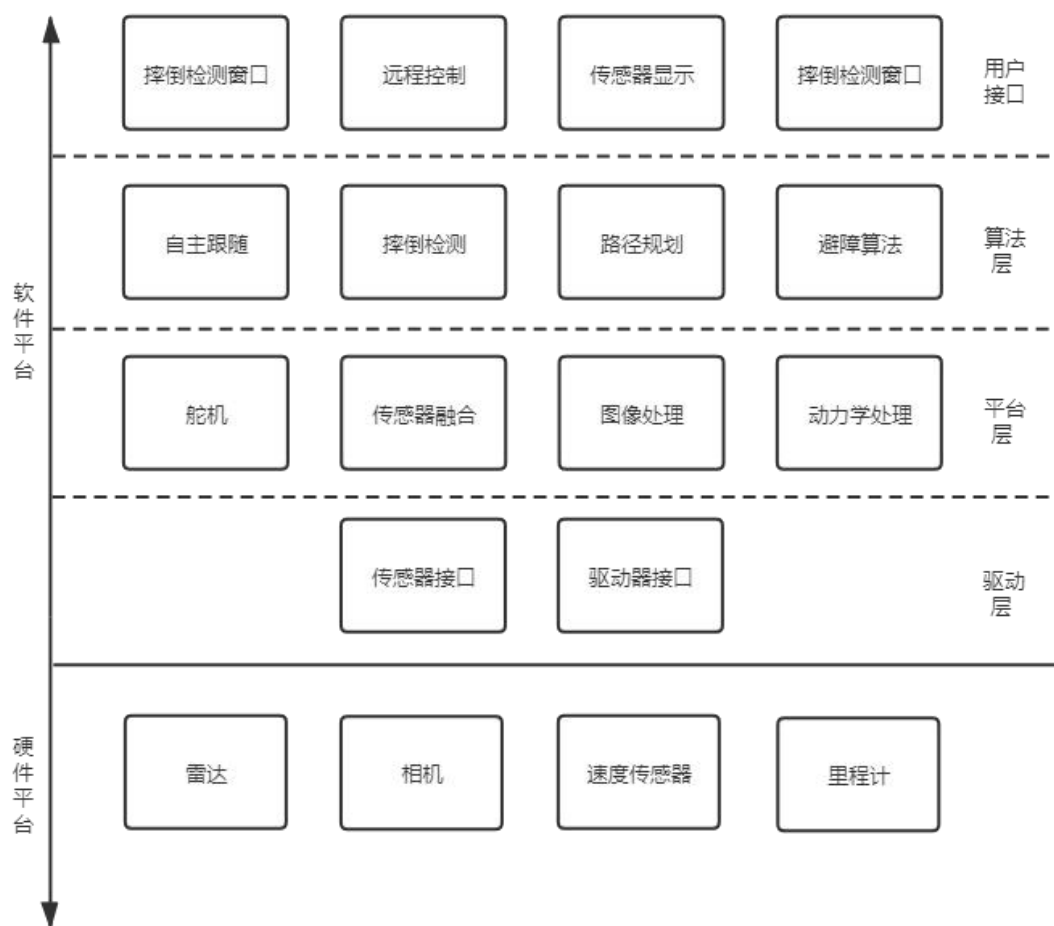


3. 机器人跟随式健康监测

模块框架

看护模块在机器人硬件层面上实现看护软件的开发，具体分为驱动层、平台层、算法层以及用户接口层。驱动层实现对底层硬件的控制驱动，平台层对传感器等硬件反馈的数据作基本的处理，算法层实现看护软件的核心算法，用户接口层则提供可视化软件给用户带来良好体验。

其结构图如下：

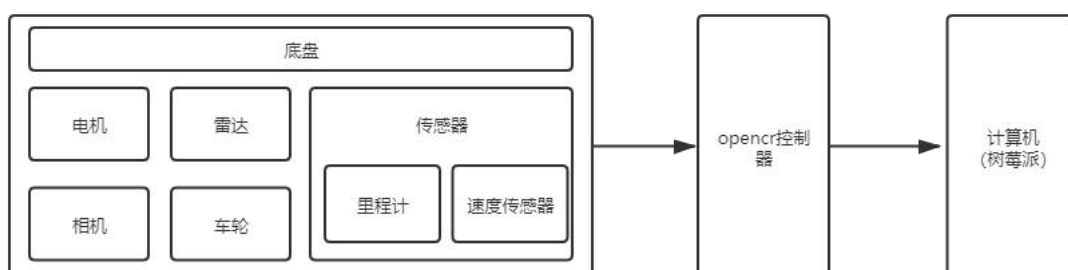


递进式的系统框架清晰地将不同层次地功能划分开来，大大提高了整个机器人看护模块协作开发的效率。



硬件框架

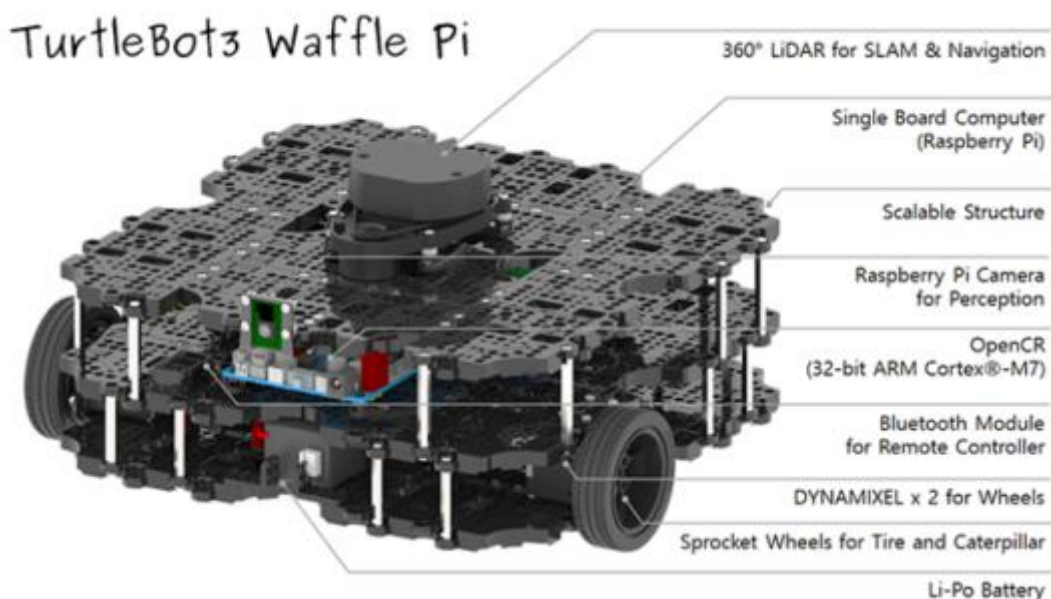
基本的感应器件有位置传感器，速度传感器，加速度传感器，并且配有雷达，双目相机等。这些硬件设备将外界的图像，障碍物分布等信息传输给机器人，并且让机器人能够得到自己前进的速度和在地图上所处的位置。其结构图如下：



感应器采用了射频识别技术组成了基于 RFID 的传感器网络，它不仅可以实现对物理世界的状态进行感知，而且可以进行物体的跟踪识别。

硬件平台

看护模块为家庭单位设计，采用轻便小巧的机器人平台 turtlebot3 来实现各种功能。其结构图如下：





局部路径规划算法（DWA 算法）

动态窗口法（DWA 算法）主要运用于自动跟随过程中机器人根据跟随对象的移动和周围障碍物做出的动态路径规划。

动态窗口法主要是在速度 (v, w) 空间中采样多组速度，并模拟机器人在这些速度下一定时间内的轨迹。在得到多组轨迹以后，对这些轨迹进行评价，选取最优轨迹所对应的速度来驱动机器人运动。看护模块中所用到的机器人不是全向运动的，即不能纵向移动，只能前进和旋转，一对 (v_t, w_t) 就代表一个圆弧轨迹。

计算机器人轨迹时，先考虑两个相邻时刻。为简单起见，由于机器人相邻时刻内，运动距离短，因此可以将两相邻点之间的运动轨迹看成直线，即沿机器人坐标系 x 轴移动了 $v\Delta t$ 。只需将该段距离分别投影在世界坐标系 x 轴和 y 轴上就能得到 $t+1$ 时刻相对于 t 时刻机器人在世界坐标系中坐标移动的位移 Δx 和 Δy

$$\Delta x = v\Delta t \cos(\theta_t)$$

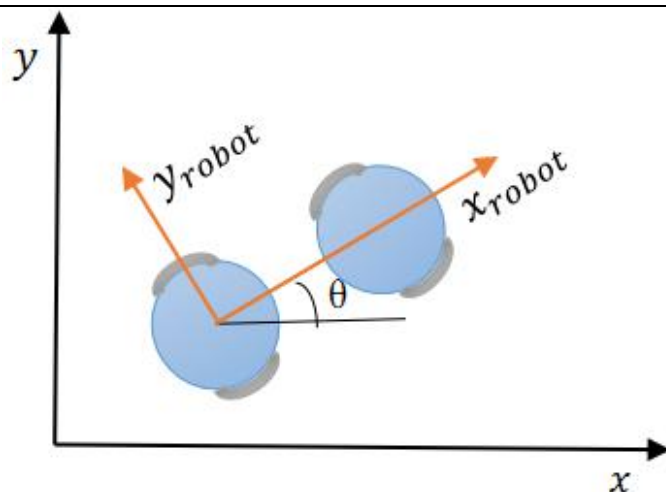
$$\Delta y = v\Delta t \sin(\theta_t)$$

以此类推，如果你想推算一段时间内的轨迹，只需要将这段时间的位移增量累计求和就行了：

$$x = x + v\Delta t \cos(\theta_t)$$

$$y = y + v\Delta t \sin(\theta_t)$$

$$\theta_t = \theta_t + w\Delta t$$



机器人的轨迹运动模型有了，根据速度就可以推算出轨迹。因此只需采样很多速度，推算轨迹，然后评价这些轨迹好不好就行了。

Yolo 目标检测算法框架

Yolo 目标检测算法采用了端到端训练及推断，改革区域建议框式目标检测框架，实时目标检测，改革了区域建议框式检测框架（RCNN 系列均需要生成建议框，在建议框上进行分类与回归，但建议框之间有重叠，这会带来很多重复工作）。YOLO 将全图划分为 $S \times S$ 的格子，每个格子负责中心在该格子的目标检测，采用一次性预测所有格子所含目标的 **bbbox**、定位置信度以及所有类别概率向量来将问题一次性解决。

Yolo 网络结构由 24 个卷积层与 2 个全连接层构成，网络入口为 448×448 (v2 为 416×416)，图片进入网络先经过 **resize**，网络的输出结果为一个张量，维度为：

$$S * S * (B * 5 + C)$$

其中， S 为划分网格数， B 为每个网格负责目标个数， C 为类别个数。
该表达式含义为：

(1) 每个小格会对应 B 个边界框，边界框的宽高范围为全图，表示



以该小格为中心寻找物体的边界框位置。

(2) 每个边界框对应一个分值，代表该处是否有物体及定位准确度：

$$P(\text{object}) * \text{IoU}_{\text{truth/pred}}$$

(3) 每一个小格会对应 C 个概率值，从中找出最大概率所对应的类别 $P(\text{Class}|\text{object})$ ，并认为小格中包含该物体或者该物体的一部分。

Yolo 算法相对于传统目标检测算法来说速度更快(实时)，全图为范围进行检测(而非在建议框内检测)时会带来更大的 **context** 信息，使得相对于 Fast-RCNN 误检率更低，但定位精度欠佳。



五、界面设计说明书与用户操作手册

1. 智能门控

人脸识别系统的主界面，包括三个按钮，分别是：人脸识别，人脸录入，退出系统。

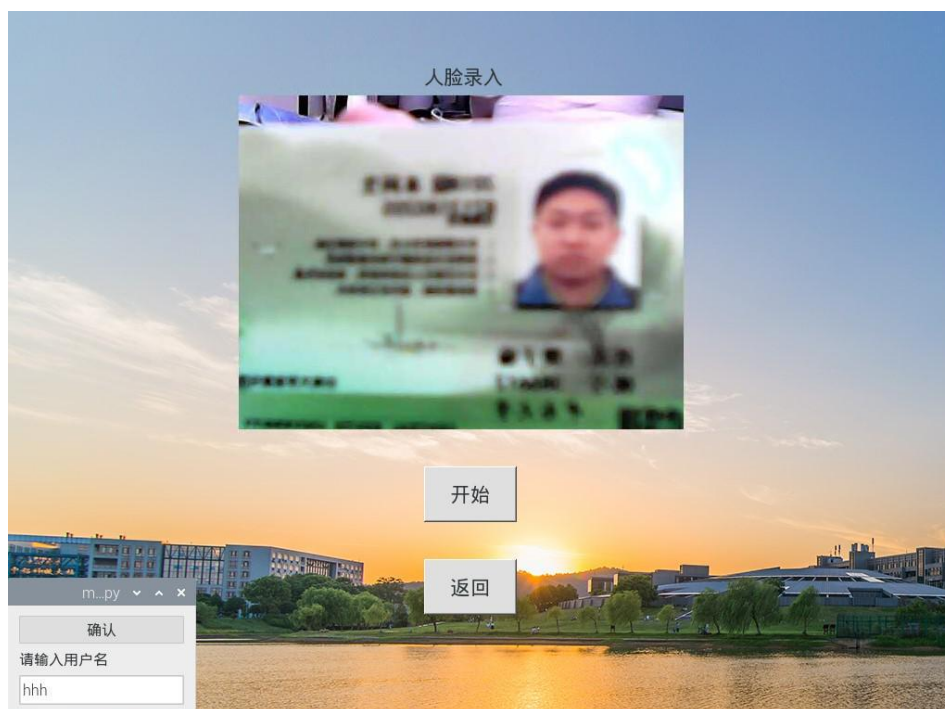


点击人脸录入按钮后出现录入的界面，中央的是摄像头画面。





点击开始后，提示输入用户名，我们输入“hhh”。

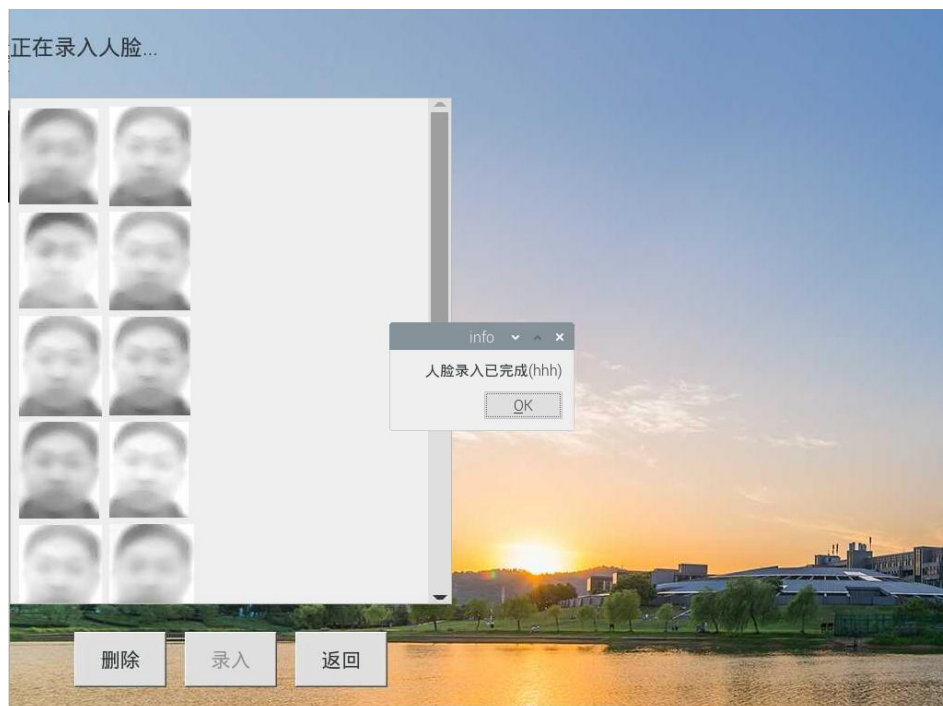


点击确认后，系统开始截取人脸图片传到后台并保存，下方显示进度条。

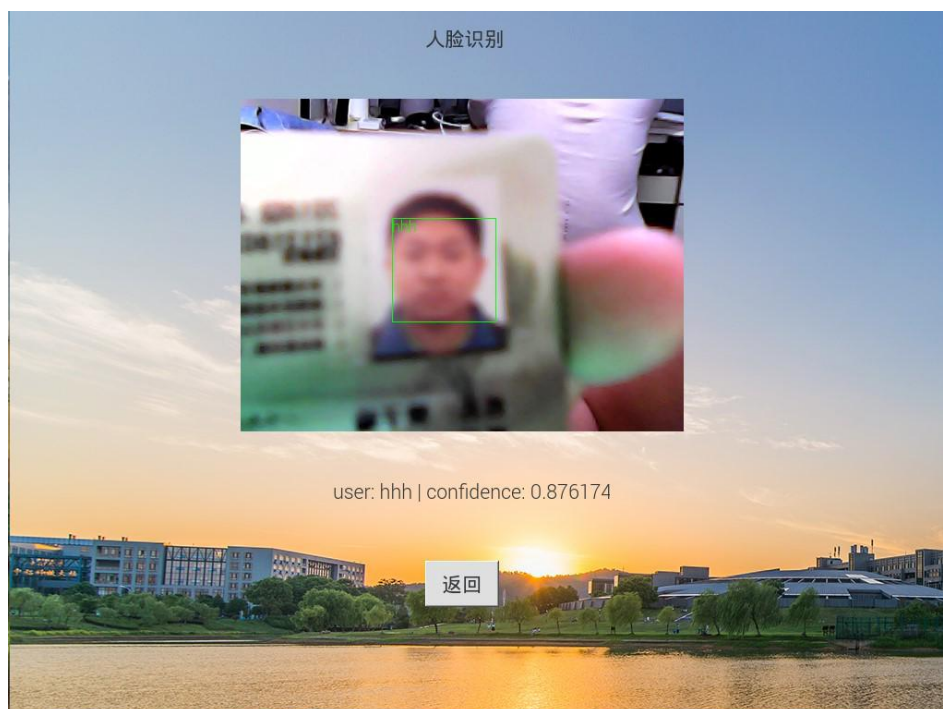




再点击录入后，系统提示“人脸录入应完成”，点击 **ok** 即可完成录入。



再点击下方的返回按钮回到主界面后，点击人脸识别按钮，进入人脸识别界面。此时中央显示摄像头画面，上面用绿色方框圈出人脸，并显示用户名“hhh”。下方同时显示用户名，以及识别的置信度。



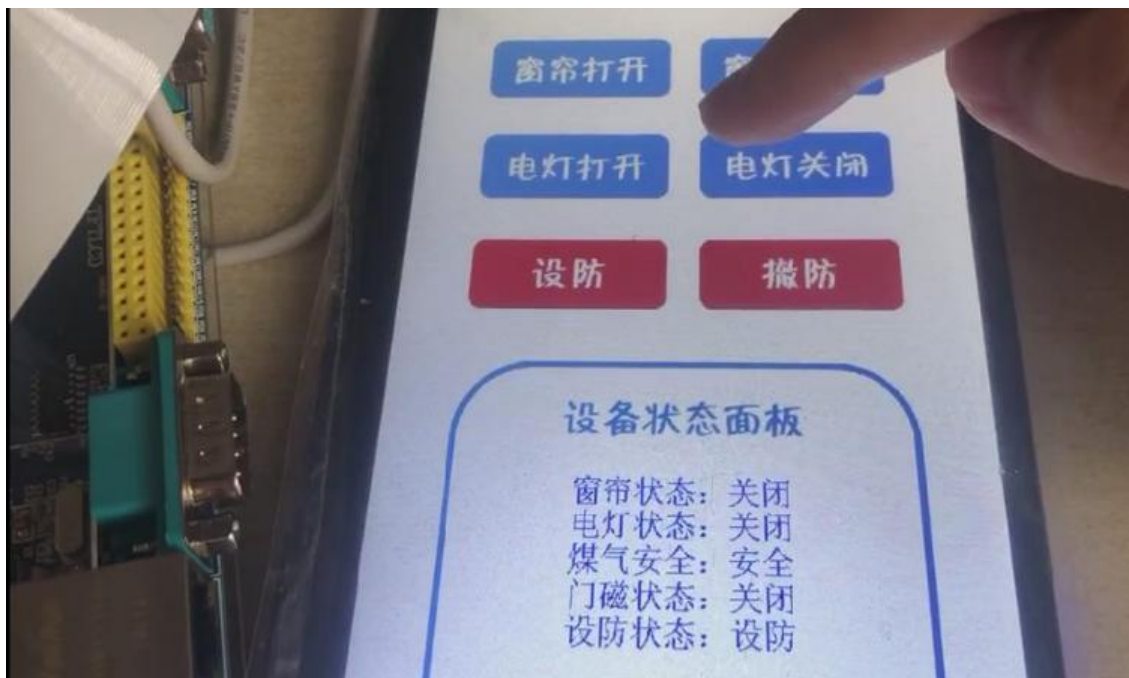


2. 智能家电控制

该嵌入式系统的触摸屏为人机交互设备，用户可以在触摸屏上实时查看各设备状态，此外还可以通过点击屏幕上设置的按键，远程控制各设备的状态。由于代码没有图形用户接口，所以我们人工绘制图片界面，通过监听用户触控的位置，进而判断用户的点击意图，从而实现远程控制各设备的状态功能。



这个界面上方有六个按钮，下方为设备状态面板，在触摸上方的按钮时，被控制的相关设备会发生相应动作，同时下发的设备状态面板的状态值会发生改变。

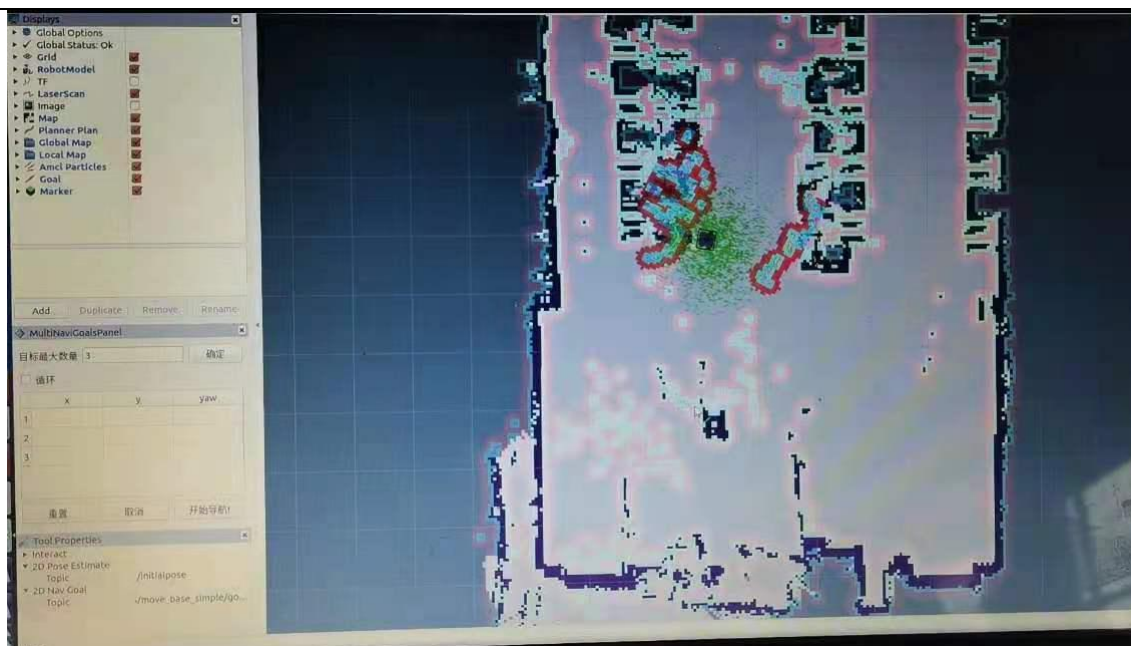


触摸“窗帘打开”按钮时，步进电机将顺时针旋转；触摸“窗帘关闭”按钮时，步进电机将逆时针旋转。触摸“电灯打开”按钮时，开发板上的 LED 灯将会亮起；触摸“电灯关闭”按钮时，开发板上的 LED 灯将会熄灭。触摸“设防”按钮时，将进入设防状态，若此时窗帘状态为打开，则开发板会想起警报；触摸“撤防”按钮时，将进入撤防状态，其他设备状态的改变并不会引起警报。

3. 机器人跟随式健康监测

跟随式健康监测机器人的界面主要为自动跟随的可视化地图定位平台及摔倒检测窗口

可视化地图定位：通过观察机器人在地图上的位置和移动轨迹来确认被看护者的行踪



摔倒检测窗口：捕捉相机拍摄镜头中的对象并判断其姿态给出站立或者摔倒的结论。

正常状态下识别到的目标标签值为 **up**。



摔倒状态下识别到的标签值为 **down**。





六、安装与环境配置手册

1. 智能门控

硬件：

一块树莓派 4B

一个外接摄像头

软件：

操作系统：Raspbian GNU/Linux 10 (buster)

Linux 内核版本：Linux raspberrypi 4.19.118-v7l+

Python 版本：Python 3.7.3

主要的包版本：PyQt4、numpy==1.17.1 、scipy==1.3.2、Keras==2.3.1、
opencv-python==4.5.1.48、opencv-contrib-python ==4.5.2.52

2. 智能家电控制

硬件：

一块 STM32F429

步进电机的连接：步进电机共四条线 A+、A-、B+、B-，分别连接到步进电机驱动器 Y2SSR4 上的对应位置，然后为其接入合适的电源。另外，将 STM32F429 的四条 IO 口分别作为控制步进电机的信号线，分别为 DIR-、DIR+、STEP-、STEP+，同样将其连接到步进电机驱动器 Y2SSR4 上的对应位置。

电灯的连接：将嵌入式设备的 GPIO 的引脚连接到对应电灯的继电器上，给照明设备上电。



软件:

编辑器 Keil uVision5

安装 STM32F429 的 MDK5 Software Packs。

3. 机器人跟随式健康监测

硬件:

一块树莓派 4B

机器人需要驱动电机与轮子

同时配置 HLS-LFCD LDS 雷达

rgb 相机

软件:

操作系统: Ubuntu16.04,ROS

Linux 内核版本: Linux raspberrypi 4.19.118-v7l+

Python 版本: Python 3.8.2

主要的包版本: pytorch==1.7、torchvision0.8、numpy==1.17.1 、
opencv-python==4.5.1.48、opencv-contrib-python ==4.5.2.52