

参赛队员姓名：陈华伦、周晨希、郑思志

中学：广东实验中学

省份：广东省

国家/地区：中国

指导教师姓名：黄颖、王剑

指导教师单位：广东实验中学

论文题目：一种用于视听障碍人士出行的辅助系统

2021 S.-T. Yau High School Science Award

一种用于视听障碍人士出行的辅助系统

An Navigation-supporting System for  
Deaf-blinds

陈华伦、周晨希、郑思志

广东实验中学

2021 S.-T. Yau High School Science Award

## 摘要

视听障碍者人口基数大。以 2019 年为例，中国有 1731 万视障人士和 2780 万听障人士。该群体有正常人际交往与出行的需求。现有无障碍设施和出行辅助产品难以满足视听障碍者安全出行与进行人际交往的基本需求。

本项目组基于人文关怀，使用 ROS 操作系统、Python 与 C 语言，应用激光雷达、超声波测距等模块，创造出一个视觉听觉障碍者兼用型综合出行辅助系统。

本系统分为出行辅助牵引式小车与手机 APP，由导航避障模块、触摸交互模块、语音交互模块与手机 APP 组成。导航避障模块以牵引的形式导盲；触摸交互模块可与手机 APP 配合实现用户与小车或家属之间信息的传递；语音交互模块则为实现用户与小车的语音交互而设立。本系统可实现导航避障与信息交互两大功能。

经过测试，视听障碍者使用本系统与使用普通盲杖相比，24 岁、41 岁、69 岁的视听障碍者时间分别缩短约 39%、38%、44%；且本项目组成员模拟使用本系统较使用普通盲杖节省了约 29% 的行走时间，本系统引导的行走路径也比普通盲杖更接近正常行走路径。本系统实现了一种较好引导效果的视听障碍者出行辅助方案，有助于视听障碍者出行和人际交往，避免视听障碍者与外界接触少而产生心理疾病问题。

**关键词：**激光雷达，视听障碍者，出行辅助，语音与触摸交互

## A Navigation-supporting System for Deaf-blinds

The huge population of deaf-blinds (people who are both deaf and blind) is increasing with the growth of an aging population. Taking 2019 for example, China has 17.31 million visually impaired people and 27.8 million hearing impaired. However, the products aimed to assist them are unlikely to match their need of going out safely and engaging in basic interpersonal interaction.

In view of the problem above, we have designed a navigation-supporting system for deaf-blinds which is based on C Language, Python and ROS. It is equipped with a laser lidar and ultrasonic ranging modules to build up a navigation-supporting system for deaf-blinds. The system can be divided into the Navigation Guider (a crutch-like vehicle) and the APP, made up with the navigation and obstacle avoidance module, the touch interaction module, the voice interaction module and the Mobile APP. Navigation obstacle avoidance module can navigate user precisely to achieve obstacle avoidance, which guides the user as a guide dog does; the touch interaction module can be used to transmit information among user, the guider and the user's relatives combined with the APP; the voice interaction module is set up to realize the mutual communication between the user and the guider. In conclusion, the system implements the *navigation and obstacle avoidance* as well as *information transfer*. After testing, compared with using the usual crutch, it reveals that a 24-year-old, a 41-year-old, and a 69-year-old deaf-blind have shortened their travel time by about 39%, 38%, and 44% respectively by using the navigation supporting system. Additionally, our project members saved about 29% time in overall time to complete the task by using the system. Moreover, the system's guiding route is closer to the path a sighted/hearing person will use. In summary, the system achieved a deaf-blind navigation-supporting program that has proper guiding effects. In this way, the system can help deaf-blinds to go out and engage in interpersonal interactions and avoid psychological problems caused by limited contact with the outside world.

**KEYWORD:** Laser Lidar, deaf-blind, Navigation Supporting, Voice & Touch Interact

# 目录

1. 引言.....	错误! 未定义书签。
1.1 视听障碍者出行难.....	错误! 未定义书签。
1.2 视听障碍者辅助产品缺.....	错误! 未定义书签。
2. 研究方案.....	错误! 未定义书签。
3. 研究过程.....	错误! 未定义书签。
3.1 AI 导航小车.....	错误! 未定义书签。
3.1.1 导航避障.....	错误! 未定义书签。
3.1.1.1 定位与建图.....	错误! 未定义书签。
3.1.1.2 路径规划.....	错误! 未定义书签。
3.1.1.3 行驶控制.....	错误! 未定义书签。
3.1.1.4 避障.....	错误! 未定义书签。
3.1.2 语音交互.....	错误! 未定义书签。
3.1.3 触摸交互.....	错误! 未定义书签。
3.1.3.1 通信.....	错误! 未定义书签。
3.1.3.2 触觉反馈.....	错误! 未定义书签。
3.1.3.3 SOS 求助.....	错误! 未定义书签。
3.2 应用 APP.....	错误! 未定义书签。
4. 系统测试.....	错误! 未定义书签。
4.1 系统测试情况.....	错误! 未定义书签。
4.2 同类产品对比.....	错误! 未定义书签。
5. 总结与展望.....	错误! 未定义书签。
5.1 总结.....	错误! 未定义书签。
5.2 创新点.....	错误! 未定义书签。
5.3 展望.....	错误! 未定义书签。
6. 致谢.....	错误! 未定义书签。
参考文献.....	错误! 未定义书签。
附录: .....	错误! 未定义书签。
附件一: 科技查新报告.....	错误! 未定义书签。
附件二: 专利申请受理书.....	41
附件三: 论文发表证明.....	42
附件四: 专家推荐信.....	43

# 1. 引言

在通往学校的一个十字路口边上，有一家盲人按摩店。下午放学的时候，总有四五个盲人从店里出来，成一个队列蹒跚着过马路。他们高矮胖瘦不一，后一个盲人的手都搭着前一个的肩。他们信任地把自己的安全交给了第一个盲人，而在最前面的盲人靠着一根盲杖摸索着探路。他们——盲人，失去了最宝贵的感官——视觉，和我们在同一个天空之下生活，却永久地失去了一睹这一美好世界的权力。

我们开始关注盲人。我们发现，在日常生活里，除了在盲人按摩店，其它公共场合我们很难见到盲人的身影。家人们因为他们出行的不便和安全考虑，把他们留在家里。他们的世界是单调的，**他们渴望着有色彩的生活和被人尊重**（特别是盲人中的年轻人）。事实上，盲人虽有着缺憾的视觉，却有着极为灵敏的触觉和听觉以相补。除了做按摩师，他们完全还可以做钢琴调音师、电话客服、播音主持、专业教师、心理咨询师这样的职业；他们也可以上盲人学校学习或是去图书馆中阅览盲人书籍，以获取新的知识，了解这个世界，实现他们自己的人生意义。但是，**由于他们视力上有缺陷，他们无法像正常人一样出行，外界未知的环境像是囚笼一般把他们困住，阻断着他们去往工作和学习的道路。**在这样的情况下，盲人又怎么会有机会去接受良好的教育，活出自己的精彩呢？

在对盲人群体资料的收集，其中的一个叫做视听障碍者的特殊人群被我们发现。视听障碍者（Deaf-blinds），他们既有视力障碍，也有听力障碍。由于同时丧失了视觉和听觉，他们的出行问题更加严重。因此，通过 AI 人工智能技术来帮助盲人和视听障碍者出行，这就成了我们的一个设想。

为了证明我们的设想有必要和有意义，我们进行了以下的资料收集和情况调查：

## 1.1 视听障碍者出行难

根据盲人协会整理的一组数据，在我国，视障人数的数量高达 1731 万人，每 81 个人中就有一个，而其中 30 岁以下年轻人就占了 23.5%。34.7%的盲人存在出行障碍、生活困难的问题。

根据《视障者基本信息调查》得出的数据也表明，24%的视障者不需要家人朋友陪同，但 46%的视障者出行需要家人朋友的陪同，甚至 30%的视障者由于出行困难、家人无法陪伴等原因基本不外出。

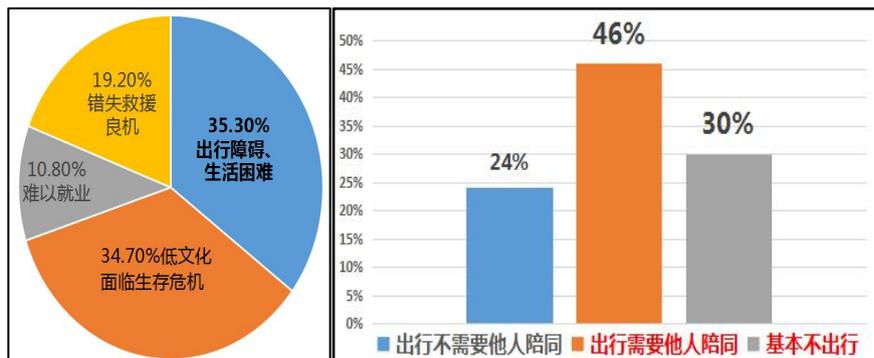


图1 盲人面临的困难、视障者出行情况调查

因为生活中的这些不便，他们难以进行正常的学习、沟通、交往、出行、娱乐等，困难的种种，还会使盲人生活质量降低、心情抑郁，损害家庭和谐。

同时，我们在实地调查中发现，道路部分盲道、无障碍通道、盲文指示牌等无障碍设施，大多数存在着损毁、指向不明、被违规占用等行为。这使得盲人出行的实现雪上加霜 而视听障碍人群的感官特殊性决定了他们出行对于盲道质量的要求较高。



图2 无障碍设施现状

目前，市场尚未出现较为精确的定位系统，以辅助视障用户在室内公共场所小范围活动。绝大多数的盲人与视听双重障碍者的出行只能依靠一根简单的盲杖，这边是目前的状态。

## 1.2 视听障碍者辅助产品缺

导盲犬作为最灵活与最早出现的导盲设施，对视听障碍者的出行帮助最为显著，然而，据不完全统计，成本高达 20 万元左右的导盲犬，供给数量严重不足，全国仅有约 67 只，且导盲犬需要大量的时间和训练才能与主人之间建立默契。市场上残疾人用品丰富多样，但关注视听障碍人士出行的产品寥寥无几，满足其室内出行需求的系统更为缺乏。

市面上虽出现了一些应用前沿技术的辅具，但大多十分昂贵。本项目组通过大量调查发现：针对盲人群体智能眼镜、导盲耳机，可将障碍物和规划路线通过声音的形式传递给盲人，价格 3 百-3 万不等；针对低视力群体智能助视 AR 眼镜/头盔，帮助人们构建影像，价格 1 百-6 万不等；针对全聋人群的人工耳蜗，人工耳蜗费用在 17-27 万元之间不等，手术费大约 1 万元，术后的康复费用还需另算。)



图3 美国 Wicab 盲人助视产品（摄像头获取影像，利用舌头上的电极在大脑中重建影像，价格 1 万美元上下，约 64660 元）

综上，人工智能技术助力于视听障碍者出行产品十分必要且有效；但是，目前市场上大部分视听障碍者出行辅具功能单一，极度缺乏能够用于同时具有视和听障碍的人士的出行辅具，且大部分产品忽视此类人群的共同特征——触觉灵敏和渴望与人进行人际交往的需求。

## 2. 研究方案

我们的研究过程如下：

(1) 项目刚开始，我们原准备制作一个导盲拐杖。在确定导盲拐杖的导盲形式时，我们通过讨论，认为把导盲拐杖做成牵引式小车的形式能更好地为盲人导航，因此最终确定制作一个**导盲小车**。然后，在查阅大量资料的基础上，在待选的几个方案之间，我们最终选择了使用激光雷达手动建图、全局与局部路径规划两种算法的集合，超声波雷达避障的方案实现**路径规划与引导**。然后，我们制作出了小车的雏形，并通过不断的实验和调试，逐渐优化和完善了小车的导航避障功能，使其能够以较高的精确度和效率运行。

(2) 接着，我们想到小车光有导航功能还不足够，盲人看不见小车，也看不见导航线路，与小车之间的交流通信得语音对话来解决。因此，我们在小车上增设了**语音交互功能**，使得盲人使用小车能更加便捷，提高小车的交互性。

(3) 后来，考虑到视听障碍者群体还存在听力残疾，语音提醒无法服务这一群体，我们在语音交互上增加**触摸交互功能**，使得视听障碍者也能通过本项目进行导航和与家人的简单交互，满足他们对于建立稳定人际关系的需求。

(4) 最后，为使外出的盲人能够与家人联络，我们制作了专门的手机 APP，以方便家人查看盲人的信息(定位信息与跌倒呼救信息)，实时监控视听障碍者的状况。

以上四个模块相互配合工作，**形成一套完整的系统**，辅助盲人出行。

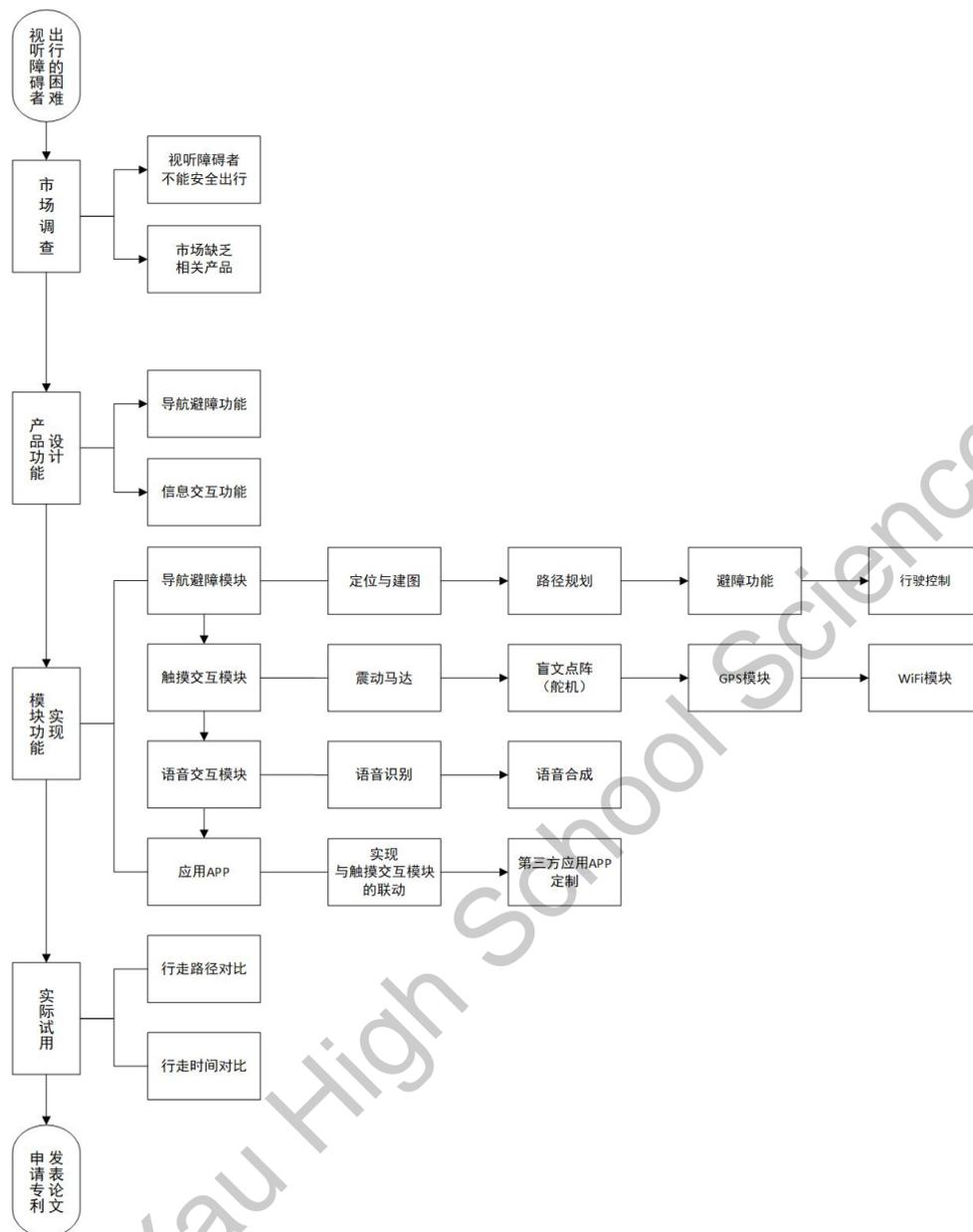


图4 小车实现流程图

经过四个月的学习讨论和研究，最终我们确定这套关于视听障碍人士出行的辅助系统由AI 导航小车和应用APP两部分组成。导航小车主要功能是牵引视听障碍人士行走，并避开障碍物，而APP是便于家属远距离与视听障碍人士互动，并随时了解小车运行情况和位置。



图 5 研究过程概图



图 6 残疾人辅具科普基地一行



图 7 形成相关调研材料，进行产品外形和功能设计



图 8 小组成员学习相关软件和硬件知识

### 3. 研究过程

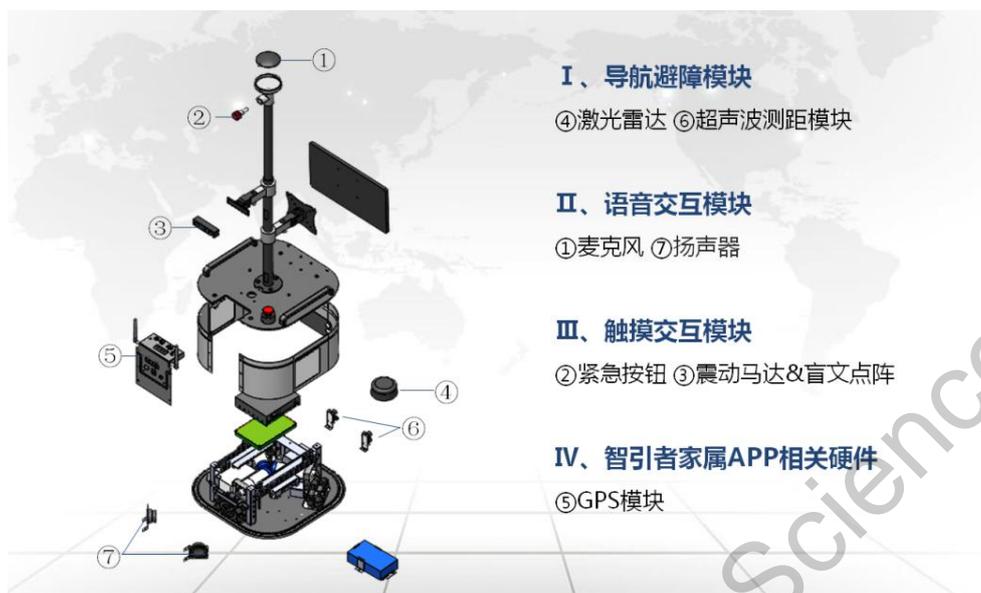


图9 小车结构图

本系统由 AI 导航小车及应用 APP 组成。AI 导航小车可以通过自身的硬件设备对道路进行识别，在前进过程中规避障碍，对行人进行语音提醒，接收来自家属或监护人的消息，并通过机智云服务，把小车状态数据回传给应用 APP。家属或监护人可通过应用 APP 给使用者发送消息至使用者，并实时查看使用者位置信息。



图10 小车实物图

AI 导航小车硬件由 8 代 intel®处理器工控机、STM32 微控制器、思岚 A2 激光雷达、超声波、麦克风、扬声器、机器人底盘七个主要部分构成。机器人小车前方安装思岚 A2 激光雷达，由 8 代 intel®处理器工控机直接供电。

AI 导航小车完成复杂的计算及识别，主要依靠 3 个模块完成：导航避障模块、语音交互模块、触摸交互模块。

主控制器采用 8 代 intel®处理器工控机与 STM32F103ZET6，负责控制整个 AI 导航小车的控制和数据处理。8 代 Intel®处理器工控机性能高，足以完成多个算法的复杂运算，且上面安装了 ROS 系统，使得操控小车变得更加简便。

由于 STM32F103ZET6 内置了丰富的库函数资源可供使用，所以使用其来驱动不同的功能模块，例如 SIM868 模块、舵机控制、震动马达和 ESP8266 WIFI 模块等等。当上电后，主控制器便会按照编写好的程序先对一系列功能模块、电路外设和各种协议进行初始化，然后再对外发送或接收不同的指令和数据，进一步处理从而实现不同的功能。

例如：当程序运行到 userHandle() 函数时，主控制器会对 ESP8266 WiFi 模组发送联网指令，并且 WiFi 模组开始进入配网模式，成功联网后，主控制器采集到数据会发送至应用 App，而应用 App 也可以发送指令到主控制器执行相应的动作，且伴有震动提醒；当程序运行到 SIM868\_Get\_GPSLocation() 函数时，主控制器发送 AT 指令，使得 SIM868 模块通过 USART2 与其进行通信并且实时采集位置坐标发送到主控制器进一步解析处理，最后将处理后的数据发送至应用 App 进行实时显示。

应用 APP 是家人获知视听障碍者情况和与其沟通的“窗口”。家属或监护人可通过应用 APP 给使用者发送消息，并实时查看使用者的位置信息。应用 APP 使用 ROS 平台制作。在应用 APP 上，可以很方便地获取视听障碍者位置、对话、小车运行状况等信息，还可以在窗口上直接向视听障碍者发送对话信息



图 11 智引者家属 APP 页面

### 3.1 AI 导航小车

针对视听障碍人士出行的特殊性，负责牵引的 AI 导航小车要完成复杂的识别及计算，为此我们设计了导航避障模块，以及语音交互模块和触摸交互模块来实现。在硬件上，AI 导航小车由 8 代 Intel 处理器工控机、STM32 微控制器、思岚 A2 激光雷达、超声波雷达、麦克风、扬声器、机器人底盘七个主要部分构成。机器人小车前方安装思岚 A2 激光雷达，由 8 代 Intel 处理器工控机直接供电。主控制器采用 STM32F103ZET6，负责控制 AI 导航小车的控制与处理数据。

下面先讲讲导航避障模块。

### 3.1.1 导航避障

导航避障模块的灵感源于自动驾驶汽车。自动驾驶汽车之所以能自动驾驶，要依靠于第三方的导航精密地图。但因为第三方导航精密地图更新频率慢且由于国家保密管制的原因，地图路径严重不全（比如小街小巷，小区道路，以及室内道路），从而使行驶范围严重受限。所以我们抛弃第三方导航精密地图，选择自己生成地图。

所以要想完成导航功能，小车必须先定位和建图。这里我们使用了电机编码器、IMU 和思岚 A2 激光雷达作定位传感器。激光雷达扫描陌生环境，并将收集的数据传到电脑，构建 SLAM 地图，再根据 SLAM 地图和设定好的目的地，利用 A\*算法和 DWA 算法规划路径，再将数据传输到控制器进行数据处理，通过控制算法将指令传输到伺服电机，驱动小车轮子，沿着规划路径到达目的地。

下面为导航小车实现导航设计流程图（未遇到障碍物时）：



图 12 无障碍物时小车导航原理

除了按已规划好的路径行驶，有时还需避让突然进入行驶路径的障碍物。要想避免撞上障碍物，我们通过使用超声波测距模块来对前方障碍物测距来实现。当激光雷达测知障碍物时，微控制器对超声波发出指令发射超声波，再通过主控制器查询超声波数据，实现测距，重新进行路径规划时，通过在地图上设定合适的膨胀半径和代价比例因子，完美的避开障碍物，并通过控制算法进行行驶控制，到达目的地。

下面为导航小车实现导航避障设计流程图（遇到障碍物时）：

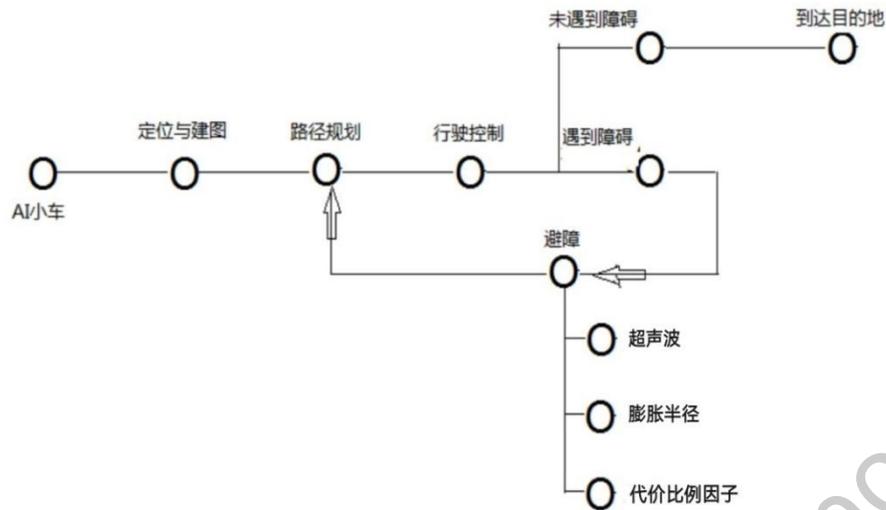


图 13 遇到障碍物后小车导航原理

### 3.1.1.1 定位与建图

小车移动时小车的位置通过定位传感器在地图上进行定位，同时形成叠加式 SLAM 地图，从而实现自主定位与建图。定位所需传感器有激光雷达、电机编码器和 IMU，建图时需要用到 SLAM 技术。

#### (1) 激光雷达

本系统使用思岚 A2 激光雷达来实现定位和建图功能。

激光雷达的原理：激光雷达发出光，遇障碍物后光反射回雷达，之后雷达记录时间差  $\Delta t$ ，根据：距离 = 0.5 × 光速 × 时间差，算出距离。激光雷达水平方向上旋转，同时快速多次测距，就能在平面上按照激光雷达不同方位上的不同距离构建地图。



图 14 思岚 A2 激光雷达

#### (2) 电机编码器

通过电机的脉冲量得到转数，进而得到电机速度。再根据小车车轮直径等参数算出小车的行驶速度。

#### (3) IMU

惯性测量模块测量基于物体三轴角速度和加速度。IMU 由加速度计和陀螺构成，用于测

算物体姿态。

#### (4) SLAM: (simultaneous localization and mapping, 即时定位与地图构建)

AI 导航小车在一个陌生的环境中构建地图时，会一边移动一边用激光雷达对周围环境扫描，每次扫描后都会根据电机编码器和 IMU 的数据确定小车在待建地图中的新位置，并用扫描数据填补新位置周围的地图空白，当小车将陌生的环境全部扫描一遍后，电脑便会自动将所有扫描数据绘制成一张完整的模拟（理想）地图。



图 15 还未建好的 SLAM 地图

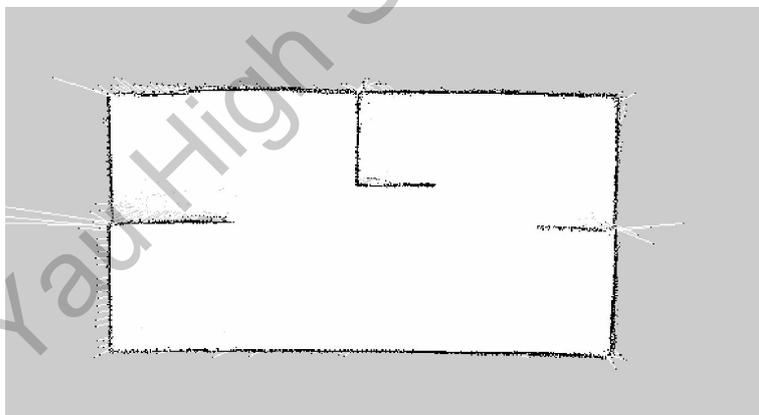


图 16 已建好的 SLAM 地图

**建图定位过程软件控制如下：**

- ①根据激光雷达类型，下载相应的雷达驱动，制作激光雷达 A2 驱动启动文件 rplidar\_A2.launch。

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<launch>
  <master auto="start"/>
  <node name="rplidarNode" pkg="rplidar_ros" type="rplidarNode_A2" output="screen">
    <param name="serial_port" type="string" value="/dev/rplidar"/>
    <param name="serial_baudrate" type="int" value="115200"/><!--A1/A2-->
    <param name="frame_id" type="string" value="laser_frame"/>
    <param name="inverted" type="bool" value="false"/>
    <param name="angle_compensate" type="bool" value="true"/>
    <param name="output_angle_max" type="int" value="70"/>
    <param name="output_angle_min" type="int" value="-70"/>
  </node>
</launch>

```

图 17 激光雷达驱动启动文件

主要参数对应值 (value):

serial\_port: 激光雷达插的相应的 usb 端口名。

inverted: 值 true 为激光雷达倒放, false 为激光雷达正放。

output\_angle\_max: 激光雷达起始角度 (rad)。

output\_angle\_min: 激光雷达结束角度 (rad)。

②根据使用需求是在室内还是室外,选择对应的SLAM建图算法,这里使用的是 gmapping 建图算法,制作 gmapping 启动文件 gmapping.launch。

```

<!-- gmapping node -->
<node pkg="gmapping" type="slam_gmapping" name="slam_gmapping">
  <param name="odom_frame" value="odom"/>
  <param name="map_update_interval" value="2.0"/>
  <param name="maxUrange" value="10.0"/>
  <param name="sigma" value="0.05"/>
  <param name="kernelSize" value="1"/>
  <param name="lstep" value="0.05"/>
  <param name="astep" value="0.05"/>
  <param name="iterations" value="5"/>
  <param name="lsigma" value="0.075"/>
  <param name="ogain" value="3.0"/>
  <param name="lskip" value="0"/>
  <param name="srr" value="0.01"/>
  <param name="srt" value="0.02"/>
  <param name="str" value="0.01"/>
  <param name="stt" value="0.02"/>
  <param name="linearUpdate" value="0.5"/>
  <param name="angularUpdate" value="0.436"/>
  <param name="temporalUpdate" value="-1.0"/>
  <param name="resampleThreshold" value="0.5"/>
  <param name="particles" value="150"/>
  <param name="xmin" value="-10.0"/>
  <param name="ymin" value="-10.0"/>
  <param name="xmax" value="10.0"/>
  <param name="ymax" value="10.0"/>
  <param name="delta" value="$(env DELTA)"/>
  <param name="lssamplerange" value="0.01"/>
  <param name="lssamplestep" value="0.01"/>
  <param name="lasamplerange" value="0.005"/>
  <param name="lasamplestep" value="0.001"/>
</node>

```

图 18 gmapping 启动文件

主要参数对应值 (value): ←

angularUpdate: 每次机器人旋转这么远时处理一次扫描。←

map\_update\_interval: 在更新地图之间的时间长度 (以秒为单位)。降低该数量更频繁地更新占用网格, 代价是更大的计算负荷。←

linearUpdate: 每次机器人移动这么远时, 处理一次扫描。←

particles: 算法中的粒子数, 因为 gmapping 使用的是粒子滤波算法, 粒子在不断地迭代更新, 所以选取一个合适的粒子数可以让算法在保证比较准确的同时有较高的速度。←

(根据激光雷达的建图定位, 即可生成全局和局部代价地图。←

图 19 主要参数对应值 (value)

**遇到问题:** 在实现建图时, 我们遇到了 SLAM 建图的精确度问题。

在使用激光雷达进行 SLAM 建图的过程中, 需要人为操作小车移动进行周边环境的扫描。在操作过程中, 我们发现小车的运动轨迹会对 SLAM 建图结果的精确度造成较大的影响。经过多次尝试, 我们将最初的 L 型扫描轨道改成 S 型扫描轨道, 并让小车先完成建图闭环, 再详细扫描环境里的各个小细节, 从而使激光雷达所探测到的地图轮廓更为精确, 更大幅度地减少漏扫、盲区导致的噪点的产生。

此外, 我们针对避障的需求, 在建图过程中对激光雷达的扫描间隔进行不断的精度调整, 在 0-0.05s 范围内以 50ms 为间隔逐次增加扫描间隔, 最终以 0.01s 为最佳精度进行探测。



图 20



图 21

图 19: L 型运动轨迹下 SLAM 建图的边缘区域 (灰色表示噪点, 边缘线模糊不清)

图 20: S 型运动轨迹下 SLAM 建图的边缘区域 (噪点极少, 黑色边缘线清晰可见)

### 3.1.1.2 路径规划

获知周围环境并建好地图之后, 要想小车顺利地到达目的地, 要在地图进行路径规划, 既要进行全局路径规划, 也要进行局部路径规划。全局路径规划较为粗略, 但能快速地规划出 AI 小车的大致行驶路线; 而局部路径规划主要是根据实际情况中对小车路径进行微调, 防止意外和减少实际环境对小车的影晌。局部路径规划采用 DWA 算法, 全局路径规划采用 A\*算法。

#### (1) A\*算法

该算法是一种启发式搜索算法。在静态路网中, 以最低的成本、最高的效率和最优的策

略通过相关的节点路径，同时也是解决许多搜索问题的有效算法。

## (2) DWA 算法

DWA 算法在速度空间 (v, w) 中采样多组速度，并模拟这些速度在一定时间内的运动轨迹，再通过评价函数为轨迹评分，选择最优的速度发送至下位机。

上述两种算法应用于 AMCL 与 MOVE\_base 两个程序包。AMCL(Adaptive Monte Carlo Localization) 是一种二维概率定位系统，以 2d 方式对 AI 导航小车定位，使用粒子滤波跟踪机器人在已知地图中的位姿，对于广域的局部定位表现状况良好。move\_base 能够支持任何继承自 nav\_core::BaseGlobalPlanner 接口的全局规划器与任何继承自 nav\_core::BaseLocalPlanner 接口的局部规划器。move\_base 维护的两个代价地图分别属于全局规划器与局部规划器。通过对这两个代价地图使用 A\*算法与 DWA 算法，可以实现路径规划功能。

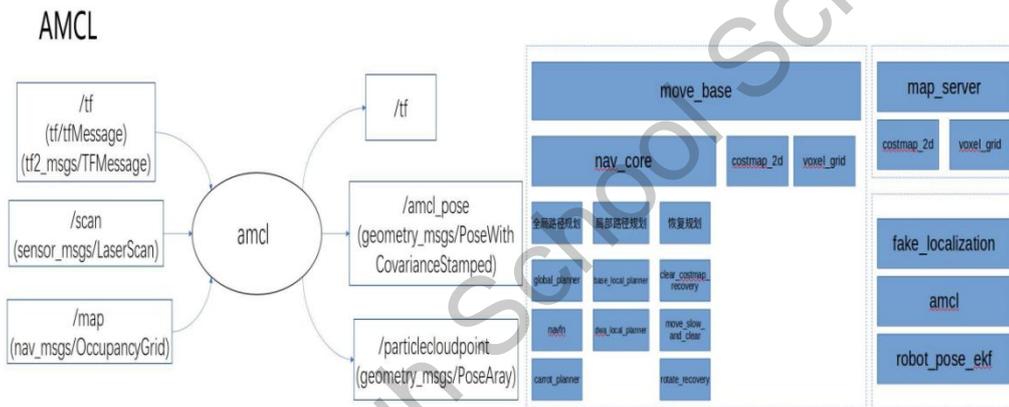


图 22 AMCL 结构图和 move\_base 结构图

路径规划实现代码截图：

```

<!-- 启动move_base节点 -->
<node pkg="move_base" type="move_base" respawn="false" name="move_base" output="screen">
  <param name="allow_unknown" value="false" />
  <param name="shutdown_costmaps" value="false" />
  <param name="controller_frequency" value="5.0" /> <!-- 原来参数为5 -->
  <param name="controller_patience" value="3.0" /> <!-- 原来参数为3 -->
  <param name="planner_patience" value="5.0" />
  <param name="controller_patience" value="3.0" />
  <param name="conservative_reset_dist" value="3.0" />
  <param name="planner_frequency" value="1.0" />
  <param name="oscillation_timeout" value="10.0" />
  <param name="oscillation_distance" value="0.22" />

  <param name="base_local_planner" value="dwa_local_planner/DWAPlanerROS" />
  <param name="base_local_planner" value="base_local_planner/TrajectoryPlannerROS" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/costmap_common_params.yaml" command="load" ns="global_costmap" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/costmap_common_params.yaml" command="load" ns="local_costmap" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/local_costmap_params.yaml" command="load" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/global_costmap_params.yaml" command="load" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/global_planner_params.yaml" command="load" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/dwa_local_planner_params.yaml" command="load" />
  <rosparam file="$(find castlex_navigation)/params/$(env PARAMS)/base_local_planner_params.yaml" command="load" />
</node>

```

图 23 move\_base 部分

```

<!-- 启动amcl节点 -->
<node pkg="amcl" type="amcl" name="amcl" output="screen">
  <remap from="scan" to="scan" />
  <param name="use_map_topic" value="false"/>

  <param name="odom_model_type" value="omni"/>
  <param name="odom_alpha5" value="0.1"/>
  <param name="transform_tolerance" value="0.2" />
  <param name="gui_publish_rate" value="10.0"/>
  <param name="laser_max_beams" value="30"/>
  <param name="min_particles" value="500"/>
  <param name="max_particles" value="5000"/>
  <param name="kld_err" value="0.05"/>
  <param name="kld_z" value="0.99"/>
  <param name="odom_alpha1" value="0.2"/>
  <param name="odom_alpha2" value="0.2"/>
  <!-- translation std dev, m -->
  <param name="odom_alpha3" value="0.8"/>
  <param name="odom_alpha4" value="0.2"/>
  <param name="laser_z_hit" value="0.5"/>
  <param name="laser_z_short" value="0.05"/>
  <param name="laser_z_max" value="0.05"/>
  <param name="laser_z_rand" value="0.5"/>
  <param name="laser_sigma_hit" value="0.2"/>
  <param name="laser_lambda_short" value="0.1"/>
  <param name="laser_model_type" value="likelihood_field"/>
  <!-->
  <param name="laser_model_type" value="beam"/>
  <param name="laser_likelihood_max_dist" value="2.0"/>
  <param name="update_min_d" value="0.1"/>
  <param name="update_min_a" value="0.5"/>
  <param name="odom_frame_id" value="odom"/>
  <param name="base_frame_id" value="base_link"/>
  <param name="resample_interval" value="1"/>
  <param name="recovery_alpha_slow" value="0.0"/>
  <param name="recovery_alpha_fast" value="0.0"/>
  <param name="initial_pose_x" value="$(arg initial_pose_x)"/>
  <param name="initial_pose_y" value="$(arg initial_pose_y)"/>
  <param name="initial_pose_a" value="$(arg initial_pose_a)"/>
</node>

```

图 24 amcl 部分

### 3.1.1.3 行驶控制

在利用 A\*算法和 DWA 算法规划好路径后，需将数据传输到微控制器进行数据处理，再通过控制算法将指令传输到伺服电机，从而驱动小车轮子行驶。

#### (1) 伺服电机

小车使用三个伺服电机，结构成“Y”形，分别控制三个方向上的欧米轮，构成万向轮组结构，能够控制小车向任何一个方向自由运动；停止时轮子互锁，增强了稳定性。

#### (2) 控制器

我们采用 STM32F103ZET6 作为主控制器，负责控制 AI 导航小车的控制、数据处理。

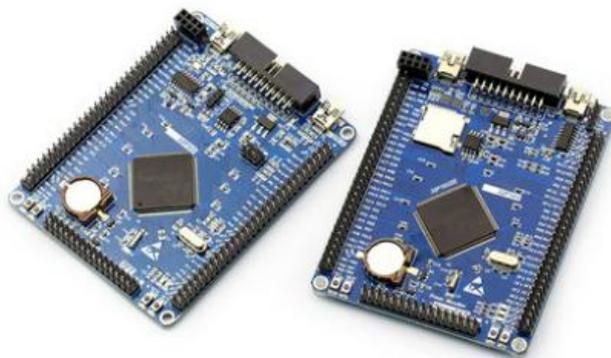


图 25 STM32F103ZET6 核心开发板

#### (3) 控制算法

主要参数对应值 (value):

底盘自身坐标系与三轮夹角:

angle\_a (float, default: 30)

angle\_b (float, default: 30)

angle\_c (float, default: 0)

轮子到底盘中心距离:

length\_a (float, default: 0.1407)

length\_b (float, default: 0.1407)

length\_c (float, default: 0.1407)

轮子直径:

wheel\_diameter (float, default: 0.105)

STM32 微控制器获取激光雷达, 超声波等其他传感器的信号, 控制电机。软件控制电机启动文件 castlex\_stm32\_bringup.launch 的制作如下:

```
<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<launch>
  <!-- 启动stm32微控制器节点 -->
  <arg name="input_cmd_vel" default="/cmd_vel"/>
  <node pkg="castlex_bringup" type="castlex_stm32_bridge.py" name="castlex_stm32_bridge" output="screen" respawn="false"
    respawn_delay="0" />
  <param name="port" value="/dev/stm32"/>
  <param name="baud" value="115200"/>
  <param name="input_cmd_vel" value="$(arg input_cmd_vel)"/>

  <!-- 轮子转一圈编码器输出多少脉冲 -->
  <param name="encoder_per_loop" value="3176"/> <!-- 默认为3188 -->
  <!-- 轮子直径/m-0.105 -->
  <param name="wheel_diameter" value="0.105"/>

  <!-- 底盘自身坐标系与三轮夹角 -->
  <param name="angle_a" value="29.425"/> <!-- 单位: ° -->
  <param name="angle_b" value="30.0"/> <!-- 单位: ° -->
  <param name="angle_c" value="0"/> <!-- 单位: ° -->

  <!-- 轮子到底盘中心的距离 -->
  <param name="length_a" value="0.1407"/> <!-- 单位: m -->
  <param name="length_b" value="0.1407"/> <!-- 单位: m -->
  <param name="length_c" value="0.1407"/> <!-- 单位: m -->

  <!-- 三轮全向轮模型中, 线速度只与轮子直径有关, 角速度与轮子的直径以及轮子到底盘中心的距离有关。
  因此线速度的标定调整轮子直径这个参数, 角速度标定调整轮子到底盘中心的距离这个参数 -->
  <param name="safely" value="0"/>
</node>
</launch>
```

图 26 电机控制启动文件

### 3.1.1.4 避障

小车在行驶过程中若遇到障碍物, 会进行避障。通过超声波模块来测量小车与障碍物的距离, 若障碍物过近, 小车会发出警告, 并重新在地图中进行路径规划, 代入预先设定好的膨胀半径和代价比例因子, 从而避开障碍物。

#### (1) 超声波模块

我们使用的是 HC-SR04 超声波测距模块。

测距功能主要使用 STM32 微控制器、超声波模块。通过 STM32 收到指令后令超声波发射器发射超声波, 途中碰到障碍物就反弹回来。根据计时器记录的时间, 计算出发射点到障碍物的距离, 再查询超声波数据实现测距。当 AI 导航小车检测并计算到障碍物距离过近时, 播放语音提醒使用者及行人, 同时避开障碍物, 重新规划路线, 继续引导使用者安全行走。



图 27 HC-SR04 超声波测距模块

关键代码如下：

```
# 发布超声波传感器信息话题
self.ultrasonic_pub = rospy.Publisher('/ultrasonic_data', Float32MultiArray, queue_size = 1)

# 向下位机查询传感器数据(超声波、防碰撞、防跌落)
def get_sensor(self, data):
    values = self.execute_array('u')
    if len(values) != 8:
        rospy.logerr("sensor count was not 8")
        print(len(values))
        raise SerialException
        return None
    else:
        time.sleep(data)
        self.ultrasonic, self.FallPre, self.AntiCol = (float(values[0]), float(values[1]), float(values[2])), (int(values[3]), int(values[4]), int(values[5]), int(values[6]))
        self.ultrasonic_pub.publish(Float32MultiArray(data = self.ultrasonic))
        self.FallPre_pub.publish(Float32MultiArray(data = self.FallPre))
        self.AntiCol_pub.publish(self.AntiCol)
```

图 28 超声波测距关键代码

## (2) 膨胀半径

小车及盲人在地图上会简化显示为一点，但在现实中却肯定不是作为一个点存在，而是有长度和宽度的。如图直接按照理想地图规划路线，那么很容易会在拐弯处和障碍物旁边规划出“擦边”的路线，导致在现实中小车和盲人与拐角或障碍物相撞，因此，需在地图中设置“膨胀”，即为围绕障碍物一圈，禁止路线通过的“禁行区”，实际上就是小车和盲人与障碍物相撞的高风险区，以避免使用者与障碍物相撞而膨胀的半径即为膨胀半径。

**遇到问题：**膨胀半径需要在不断调试中确定最优值。在最初对小车导航避障功能进行测试的时候，我们发现小车在经过墙壁拐角及靠近障碍物的时候，总会与墙壁和障碍物刮蹭，甚至侧面相撞。在多次查找资料后，我们认识到小车在导航避障时，需要设定一定的膨胀半径，也就是说，在地图上需要对每个障碍物以障碍物为圆心设定一定半径的小车禁行范围，以防小车与障碍物相撞。但是，由于各个小车的参数不同，这个半径的值需要在实践中确定。我们开始将半径的值设为 1，测试时却发现小车行进时在墙壁拐角拐了一个巨大的弯，大大增加了路程和避障的时间。于是，我们经过多次测试，每次将膨胀半径的值减半，并根据结果进行微调。结果发现，当膨胀半径的值被设为 0.15 左右时，小车能够既不与墙壁和障碍物相撞，也不会绕行过远的距离。

## (3) 代价比例因子

在小车进行避障的时候，我们总希望小车能够离障碍物足够远，以避免发生意外。这时候需要引入代价比例因子。代价比例因子在“膨胀”的“禁行区”外设置“限行区”。“限行区”中小车行驶的“难度”从内往外递减，而“限行区”的半径由代价比例因子决定。小

车在行驶中会自动规划一条行驶比较“容易”的路径来行驶，当该值设置较高时，“限行区”较窄，小车行驶的轨迹便会比较靠近障碍物；当代价比例因子取值较低时，小车行驶轨迹便会远离障碍物，变得比较平滑。适合的数值需要在不断调试中确定。

膨胀半径和代价比例因子关键代码截图：

```
#膨胀层，用于在障碍物外标记一层危险区域，在路径规划时需要避开该危险区域
inflation_layer:
  ··enabled:·true
  ··cost_scaling_factor:·5.0···#膨胀过程中应用到代价值的比例因子
  ··inflation_radius:·0.20···#膨胀半径，一般将该值设置为机器人底盘的直径大小
```

图 29 膨胀半径与代价比例因子

### 3.1.2 语音交互

对于仅存在视觉障碍不存在听觉障碍的用户，可通过语音交互模块，与 AI 导航小车进行对话。比如遇障碍物语音提醒，语音指定小车到达指定地点，也可语音询问天气、讲笑话等。这部分功能主要通过输入（麦克风）、处理识别（语音识别）和输出（语音、合成扬声器）三个部分来实现。下面为语音交互流程图：

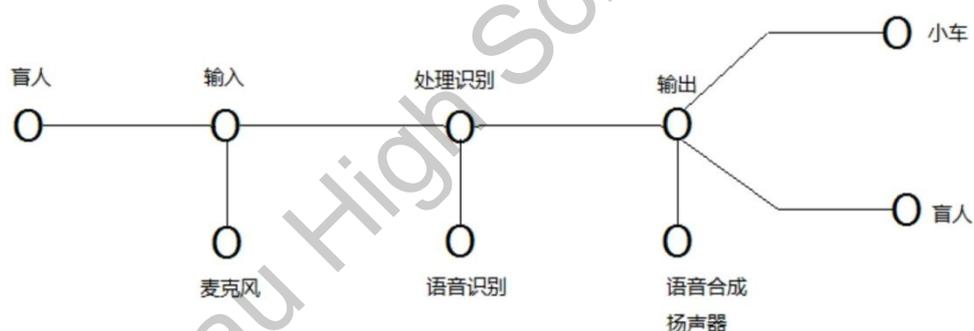


图 30 语音交互流程图

流程图具体环节工作原理：

(1) 麦克风



图 31 麦克风

(2) 语音识别

在语音识别技术的实际应用中，我们先使用麦克风采集声音模拟信号，再通过科大讯飞语音识别技术解析出语音信息，然后识别转换成文字，交给主控制器处理。语音识别设置过程如下：

①制作语音唤醒启动文件 castlex\_awake.launch

```
<?xml:version='1.0' encoding='utf-8'?>
<launch>
  <!-- 运行科大讯飞在线语音识别功能包 -->
  <node pkg="castle_voice_system" type="castle_awake_node" name="castlex_awake_node">
    <param name="response" value="wozai.wav"/>
  </node>
</launch>
```

图 32 语音唤醒启动文件

②制作语音交互文件 castlex\_voice\_system.launch，这个文件同时启动 castlex\_awake.launch。

```
<?xml:version='1.0' encoding='utf-8'?>
<launch>
  <!-- 打开语音唤醒 -->
  <include file="$(find castle_voice_system)/launch/castle_awake.launch"/>
  <!-- 打开语音合成 -->
  <node pkg="castle_voice_system" type="castle_tts_node" name="castle_tts_node" output="screen">
    <param name="speech_param" value="voice_name=vixy, text_encoding=utf8, sample_rate=16000, speed=50, volume=50, pitch=50, rdn=0"/>
  </node>
  <!-- 打开语义理解 -->
  <node pkg="castle_voice_system" type="castle_nlu_node" name="castlex_nlu_node" output="screen">
    <param name="userid" value="HGcastle"/>
  </node>
  <!-- 打开语音识别 -->
  <node pkg="castle_voice_system" type="castle_asr_node" name="castle_asr_node" output="screen">
    <param name="speech_param" value="sub=iat, domain=iat, language=zh_cn, accent=mandarin, sample_rate=16000, result_type=plain, result_encoding=utf8"/>
  </node>
</launch>
```

图 33 语音交互启动文件

(3) 语音导航

当 AI 导航小车载用语音识别技术完成对盲人语音输入信息的采集，并通过主控制器处理，转化为指令和输出的应答文字信息后，要将文字信息转为语音信息，需要用到语音合成技术。

语音合成技术能够进行文字与语音间的转换，其功能模块有文本分析、韵律建模和语音合成三个部分。

8 代 intel®处理器工控机解析识别的语音信息，当识别到对应指令时，利用语音合成技术，再经过扬声器输出声音并执行相应动作。导航过程中，8 代 intel®处理器工控机需要不断和 STM32 控制器、激光雷达进行实时数据通信。基本 ROS 语音导航步骤如下：

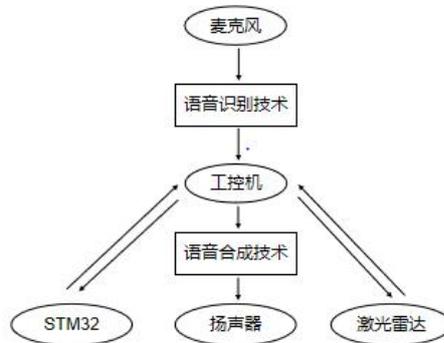


图 34 语音导航原理图

(1) 制作导航启动文件 castlex\_nav.launch。

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<launch>
  ..<include file="$(find rplidar_ros)/launch/rplidar_A2.launch"/>
  ..<!--启动底盘-->
  ..<include file="$(find castlex_bringup)/launch/castlex_stm32_bridge.launch"/>
  ..<!--启动导航-->
  ..<include file="$(find castlex_navigation)/launch/nav_ws/castlex_amcl_nav.launch"/>
</launch>

```

图 35 导航启动文件

(2) 制作语音导航启动文件 castlex\_voice\_nav.launch。

```

<?xml version='1.0' encoding='utf-8'?>
<launch>
  ..<!--打开导航-->
  ..<include file="$(find auto_demo)/launch/amcl_bringup/castlex_nav.launch"/>
  ..<!--打开语音唤醒-->
  ..<include file="$(find castle_voice_system)/launch/castle_awake.launch"/>
  ..<!--打开命令识别-->
  ..<node pkg="castle_voice_system" type="voice_nav_order_node" name="voice_nav_order_node" output="screen"/>
  ..<!--打开命令解析-->
  ..<node pkg="castle_voice_system" type="voice_nav.py" name="XML_Analysis" output="screen">
  ..<param name="failed_file_path" value="$(find castle_voice_system)/params/voice/failed.mp3" />
  ..<param name="Received_file_path" value="$(find castle_voice_system)/params/voice/Received.mp3" />
  ..<param name="ReEnterAudio_file_path" value="$(find castle_voice_system)/params/voice/ReEnterAudio.mp3" />
  ..</node>
  ..<node pkg="auto_demo" type="voice_goal_nav.py" name="voice_smach_concurrence" output="screen" />
</launch>

```

图 36 语音导航启动文件

(4) 扬声器



图 37 扬声器

### 3.1.3 触摸交互

对于同时存在视力和听力障碍的用户,或是小车的语音出现了障碍又怎么使用呢?我们了解到,视听障碍者的共同特点为触觉灵敏,以触觉的方式传达信息会变得较为有效。因而,我们使用了增加触摸模块来实现视听障碍者与小车,以及视听障碍者与家人之间的信息交互的功能。家属与盲人通信的实现,是利用 APP,在热点的情况下,通过 WIFI 模块 (EPS8266) 将数据传输至主控制器,主控制器发送指令到舵机,转化为盲文。当收到信息或遇到障碍,震动马达会震动以达到提醒效果。盲人若在行进过程中遇到困难,可按下 SOS 键(同时它又是一个急停按键),通过主控制器可将指令发送到 SIM868 模块,进行全球定位,并将定位信息发送到 ESP 868,通过热点发送到 APP,让亲属知道他遇到困难以及清楚他的具体位置。

这一块的实现主要分为通信(信息传输与接收)、触摸交互和 SOS 求助三个部分。

下面为触摸交互流程图:



图 38 家属与使用者沟通流程图

### 3.1.3.1 通信

家属的 APP 信息需通过小车自带的 WIFI 通信热点的情况下接收，并通过 WIFI 模块（EPS8266）将数据传输至主控制器。

#### (1) WiFi (ESP8266)

主控制器与应用 App 之间的数据传输使用了 ATK-ESP8266 WIFI 模块。ATK-ESP8266 WIFI 模块能够实现串口与 WIFI 之间的相互转换。因此，只要通过简单的串口设置，便能通过网络使传输设备之间的数据。此外，ATK-ESP8266 WWIFI 模块还移植机智云物联网平台，为开发提供了一站式的智能开发以及服务器，使得主控制器与应用 App 之间的指令和数据传输更好的远程传输。

在设定 WIFI 模块时，有 STA 模式、AP 模式、STA+AP 模式。

通俗地讲，STA 模式就是把 wifi 模块作为一个信号接收器，能够接收由手机、电脑等设备向 wifi 模块发的信息；AP 模式就是把 wifi 模块变为一个信号发射器，能够向手机等其他设备发送无线信息。而在 STA+AP 模式下，这两种功能兼而有之。由于需要实现盲人小车与家人 app 的信息交互，我们最终采用了第 3 种模式。

我们把 ATK-ESP8266 WIFI 模块连接在主控制器上，以实现应用 App 与主控制器之间的实时数据和相关指令的接收和发送。其中，ATK-ESP8266 WiFi 模块与主控制器的 VCC 引脚与 GND 引脚相连；ATK-ESP8266 WiFi 模块的 RXD 引脚和 TXD 引脚分别与主控制器 STM32 中 USART3 的 TXD 引脚（PB10）与 RXD 引脚（PB11）相连。由于本项目中并没有控制 ATK-ESP8266 WIFI 模块的 RST 和 IO\_0 引脚，因此将这两引脚悬空处理。主控制器先对一系列外设和协议进行初始化，ESP8266 WIFI 模组进入配网模式。连上机智云服务器后，应用 App 会显示“设备已连接”，同时采集的定位数据和主控制器的 D0 绿灯闪烁可以被看到。此外，通过操控应用 App 按钮，可以发送经过机智云服务器处理过的指令消息，通过 ATK-ESP8266 WIFI 模块发送至主控制器上，使主控制器执行相应程序，进而使相应模块执行动作。当程序运行到 userHandle() 函数时，主控制器会对 ESP8266 WiFi 模组发送联网指令，并且 WiFi 模组开始进入配网模式，成功联网后，主控制器采集到数据会发送至应用 App，而应用 App 也可以发送指令到主控制器执行相应的动作，且伴有震动提醒。



图 39 ATK-ESP8266 WiFi 模块

## (2) WIFI 热点通信

通常情况下，我们的小车可以自动连上室内的 WIFI 信号，从而与应用 APP 连接，实现双向通信。但是到了户外，没有 WIFI 信号，怎么办？最后我们使用手机的 wifi 热点通信解决了问题。当视听障碍者所携带的手机开启局域网模式时，小车上的触摸交互模块就能自动连上手机的局域网。此时，处于局域网模式下的手机就像是一个信号中转站，视听障碍者所携带的手机与家属手机构成了一座“桥”，把触摸交互模块与应用 APP 连接起来，实现视听障碍者与家属之间的实时双向通信。

### 3.1.3.2 触觉反馈

APP 的信息通过 WIFI 模块（ESP8266）将数据传输到主控制器，主控制器再下达指令到舵机转化为盲文；当小车前进、转弯或有新信息时，马在短暂震动，当小车遇障时，主控制器下达指令到震动马达，马达持续震动直至小车停下来为止。

#### (1) 电机（舵机）

盲文信息交互功能主要为通过主控制器收到的指令后转动舵机，转动到相应的角度以显示对应的盲文数字按钮，以此向视听障碍人士提供消息，由主控制器 STM32、舵机模块、ATK-ESP8266 WIFI 模块和盲文数字按钮组成。舵机是一种特殊的电机，可以用输入的信号控制电机旋转的角度。当主控制器接收到不同的指令信号，从而转动不同的角度，使盲文数字按钮转到预定的位置供用户触摸。

ATK-ESP8266 WIFI 模块通过连接 WIFI 后进入配网模式且连上机智云服务器后，当按下应用 APP 中的按钮“回家”，通过 ATK-ESP8266 WIFI 模块把指令发到主控制器。此时，握手处就会传来短促的震动来提示用户有消息传来，并且舵机也会根据接收到的指令转到相应的角度 0 度，舵机到达指定角度后，用户用手触摸舵机上的盲文数字，即可以知道家人发送的消息提示。同理，当家人按下应用 APP 上的其他按钮后，震动提醒，舵机转动到相应的角度。完整的指令即动作如下：应用 APP 按下按钮“回家”，舵机识别动作 1，舵机转动 0°，显示盲文数字 1；应用 APP 按下按钮“离家”，舵机识别动作 2，舵机转动 90°，显示盲文数字 2；应用 APP 按下按钮“公园”，舵机识别动作 3，舵机转动 -90°，显示盲文数字 3；应用 APP 按下按钮“医院”，舵机识别动作 4，舵机转动 180°，显示盲文数字 4；

最初做触摸交互模块中盲文信息的显示部分的时候，我们采用的是盲文点阵式盲文模块，即使用数个微型步进电机构成点阵并控制点阵伸缩，以实现动态盲文显示。但是在实际做的过程中，我们发现，由于空间有限，使得电机和电路板需要微型化，这样就使得电机及电路需要点焊而变得难以焊接。因此，最后我们放弃了使用多电机的点阵方案，而采用使用单个舵机，用旋转方式切换显示盲文的方法实现盲文显示。



图 40 MG996R 舵机模块

舵机转动程序关键代码如下：

```

for(i=0; i<info->num; i++)
{
    switch(info->event[i])
    {
        case EVENT_Get_Home: //回家
            currentDataPoint.valueGet_Home = dataPointPtr->valueGet_Home;
            GIZWITS_LOG("Evt: EVENT_Get_Home %d \n", currentDataPoint.valueGet_Home);
            if(0x01 == currentDataPoint.valueGet_Home)
            {
                Vibration_Motor = 1; //震动开启
                delay_ms(200);
                Vibration_Motor = 0; //震动关闭

                delay_ms(100);
                TIM_SetCompare1(TIM3, 16); //0°
                delay_ms(100);
            }
            else
            {
                Vibration_Motor = 0; //震动关闭
            }
            break;
        case EVENT_Leave_Home: //离家
            currentDataPoint.valueLeave_Home = dataPointPtr->valueLeave_Home;
            GIZWITS_LOG("Evt: EVENT_Leave_Home %d \n", currentDataPoint.valueLeave_Home);
            if(0x01 == currentDataPoint.valueLeave_Home)
            {
                Vibration_Motor = 1;
                delay_ms(200);
                Vibration_Motor = 0;

                delay_ms(100);
                TIM_SetCompare1(TIM3, 50); //90°
                delay_ms(100);
            }
            else
            {
            }
            break;
        case EVENT_Park: //公园
            currentDataPoint.valuePark = dataPointPtr->valuePark;
            GIZWITS_LOG("Evt: EVENT_Park %d \n", currentDataPoint.valuePark);
            if(0x01 == currentDataPoint.valuePark)
            {
                Vibration_Motor = 1;
                delay_ms(200);
                Vibration_Motor = 0;

                delay_ms(100);
                TIM_SetCompare1(TIM3, 7); //-90°
                delay_ms(100);
            }
            else
            {
                Vibration_Motor = 0;
            }
            break;
        case EVENT_Hospital: //医院
            currentDataPoint.valueHospital = dataPointPtr->valueHospital;
            GIZWITS_LOG("Evt: EVENT_Hospital %d \n", currentDataPoint.valueHospital);
            if(0x01 == currentDataPoint.valueHospital)
            {
                Vibration_Motor = 1;
                delay_ms(200);
                Vibration_Motor = 0;

                delay_ms(100);
                TIM_SetCompare1(TIM3, 30); //180°
                delay_ms(100);
            }
            else
            {
                Vibration_Motor = 0;
            }
            break;
    }
}

```

图 41 舵机转动程序关键代码

## (2) 震动马达

一种特殊电机，接上电源时会震动。震动马达被内置在触摸模块里，作辅助提示作用，受主控制器控制。当小车前进、转弯或者接收到应用 App 通过 ESP8266 WiFi 模块发送的指令时，震动马达模块会进行短暂震动，以提示视听障碍者。当小车检测到障碍物而需要停止时，震动马达模块会一直震动直至视听障碍者停下，以提醒视听障碍者有需要避让的障碍物。



图 42 震动马达模块

### 3.1.3.3 SOS 求助

SOS 求助按键同时是一个急停按键。当按下此键时，SIM868 模块会进行全球定位，并数据发送到主控制器，主控制器进行解析处理后发送到 APP，家属通过 APP 了解小车的位置。

#### (1) SIM868:

实时位置定位功能使用 SIM868 模块。在许多应用中使用该模块能够很容易得到位置坐标数据。SIM868 模块与主控制器的 VCC 引脚与 GND 引脚相连；SIM868 模块的 RXD 引脚与 TXD 引脚则连接在主控制器中 USART2 的 TXD 引脚 (PA2) 和 RXD 引脚 (PA3)。其他引脚因没有进行控制，因此不做处理，悬空即可。获取实时位置坐标数据的方式是通过主控制器发送 AT 指令到 SIM868 模块。主控制器上电后通过串口 USART2 发送指令“AT+CGNSPWR=1”打开 GPS 电源；发送指令“AT+CGNSSEQ=“RMC””定义 NMEA 解析；发送指令“AT+CGNSINF”获取 GPS 定位信息；发送指令“AT+CGNSURC=2”间隔 2s 输出位置坐标数据即每隔 2s 将位置坐标数据传输至主控制器，最后经由 SIM868\_Get\_GPSLocation() 函数对位置坐标数据进一步解析处理，将处理后的数据发送至应用 App。

当程序运行到 SIM868\_Get\_GPSLocation() 函数时，主控制器发送 AT 指令，使得 SIM868 模块通过 USART2 与其进行通信并且实时采集位置坐标发送到主控制器进一步解析处理，最后将数据发送至 App 实时显示。

**遇到问题：**在使用 SIM868 模块的时候，我们遇到了三个问题。

首先，我们在使用 SIM868 模块时，出现了定位精度不佳、定位功能时好时坏的问题。通过逐步排查，我们发现其原因出自模块本身，是接收卫星信号的强度不足所致。后来，我们给 SIM868 模块装上了 GNSS 专用定位天线，增强了接收到的卫星信号强度，完美地解决了这个问题。

其次，我们发现在刚刚给 SIM868 模块接上电源时，SIM868 模块会输出异常的信号，LED 不断闪烁，模块本身频繁自动开启、关闭，就像“打嗝”一样。在排查测量时，我们发现一个怪像：用示波器测量的输入电压，在模块开启的时候有大幅度向下跳动！终于，我们找出了病因：原来，模块在启动的时候，模块需要向外发射大功率的无线电信号，需要很大的瞬

间电流，而由于电源功率不足，无法提供这一瞬间电流，导致模块输入端电压降低到模块工作电压以下而关闭，之后又在电源供电电压逐渐上升时重启，如此循环。模块因而不能够正常工作。我们把原先 5V1A 的供电电源换成了 5V2A 电源后，这个问题便解决了。

此外，我们还发现触摸交互模块中 WLAN 模块和 SIM868 模块的时序并不相同，这导致 WLAN 模块与 SIM868 模块无法正常通信。于是，我们在程序中加入了适当的延时，并调整了模块之间的优先级，模块之间终于能够正常通信。



图 43 SIM868 模块和 SOS 求助按键

### 3.2 应用 APP

应用 APP 与机智云后台连接，绑定机智云 wifi 模块，从而能够与 AI 导航小车进行信息传输。当应用 APP 向 AI 导航小车发送对话信息时，发送对应指令消息到机智云云服务中，云服务将指令消息传到 AI 导航小车，AI 导航小车接收到指令消息，处理后通过触摸模块的数据处理，传递对应的消息。当 AI 导航小车发送定位信息时，先将信息发送到云服务，云服务再推送到应用 APP，应用 APP 对定位信息进行显示，让家属或监护人实时传输信息及了解使用者的位置信息。

APP 方面代码如下：

AI 导航小车上的 ATK-ESP8266 WiFi 模块发送定位信息到机智云后台关键代码：

```
/******wifi协议初始化******/
void Gizwits_Init(void)
{
    TIM5_Int_Init(9,7199); //1ms系统定时
    usart3_init(9600); //WIFI初始化
    //设备状态结构体初始化
    memset((uint8_t*)&currentDataPoint, 0, sizeof(dataPoint_t));
    gizwitsInit(); //缓冲区初始化
}

/*@ wifi task()
 *wifi无线通信函数
 *控制
 */
void Wifi_Task(void)
{
    userHandle(); //用户采集
    gizwitsHandle((dataPoint_t *)&currentDataPoint); //协议处理
}
```

```

void userHandle(void)
{
    static u8 t=0;

    if(WIFI_Sta_Flag) //WIFI设备已连接
    {
        if(SIM_Send_Flag == 1) //1s
        {
            if(SIM868_Get_GPSLocation() == 0)
            {
                SIM_Send_Flag = 0;
                currentDataPoint.valueLongitude = GPS_Location[0]; //经度
                currentDataPoint.valueLatitude = GPS_Location[1]; //纬度
                delay_ms(10);
                LED1 =! LED1;
            }
        }
    }
    else{
        SIM_Send_Flag = 0;
    }
}

```

图 44 关键代码 1

应用 App 与 AI 导航小车上 ATK-ESP8266 WiFi 模块绑定关键代码:

```

// 使用缓存的设备列表刷新UI
List<GizWifiDevice> devices = GizWifiSDK.sharedInstance().getDeviceList();

// 接收设备列表变化上报, 刷新UI
GizWifiSDKListener mListener = new GizWifiSDKListener() {
    @Override
    public void didDiscovered(GizWifiErrorCode result, List<GizWifiDevice> deviceList) {
        // 提示错误原因
        if(result != GizWifiErrorCode.GIZ_SDK_SUCCESS) {
            Log.d("", "result: " + result.name());
        }
        // 显示变化后的设备列表
        Log.d("", "discovered deviceList: " + deviceList);
        devices = deviceList;
    }
};

// 主动刷新绑定设备列表、指定筛选的设备productKey
List<String> pks = new ArrayList<String> ();
pks.add("your_productKey");
GizWifiSDK.sharedInstance().getBoundDevices("your_uid", "your_token", pks);

```

图 45 关键代码 2

应用 App 接收机智云后台 AI 导航小车的 ATK-ESP8266 WiFi 模块的定位信息关键代码:

```

final protected static char[] hexArray = "0123456789ABCDEF".toCharArray();

// 将16进制的byte转为string, 比如byte值为{0x62,0x63}, 那么将转为"6263"
public static String bytesToHex(byte[] bytes) {
    char[] hexChars = new char[bytes.length * 3];
    for (int j = 0; j < bytes.length; j++) {
        int v = bytes[j] & 0xFF;
        hexChars[j * 3] = hexArray[v >> 4];
        hexChars[j * 3 + 1] = hexArray[v & 0x0F];
        hexChars[j * 3 + 2] = ' ';
    }
    return new String(hexChars);
}

@Override
protected void didReceiveData(GizWifiErrorCode result, GizWifiDevice device,
    ConcurrentHashMap<String, Object> dataMap, int sn) {

    if (result == GizWifiErrorCode.GIZ_SDK_SUCCESS) {
        // 普通数据点类型, 有布尔型、整形和枚举型数据, 该种类型一般为可读写
        if (dataMap.get("data") != null) {
            ConcurrentHashMap<String, Object> map = (ConcurrentHashMap<String, Object>) dataMap.get("data");
            // 扩展数据点, key为"kuozhan"
            byte[] bytes = (byte[]) map.get("kuozhan");
            String string = bytesToHex(bytes);
            Toast.makeText(this, string, Toast.LENGTH_SHORT).show();
        }
    }
}

```

图 46 关键代码 3

## 4. 系统测试

### 4.1 系统测试情况

对于视听障碍者来说，一个出行辅具新产品最重要的还是出行效果。为了理解视听障碍者用户的具体应用场景，确保使用上的安全，项目组成员在产品开发的各阶段周期内，轮流戴上眼罩和耳塞，模拟视听障碍者的生理特征，验证本产品的导航避障功能和信息交互功能；并随机邀请周围的人协助测试体验。

经过产品外观和功能的不断更新和优化，在多次测试中，本产品均表现良好。在相同路段情况下，视听障碍者使用本产品行走耗时较使用普通盲杖更短。普通行人模拟视听障碍者情况下，使用本产品的行走路线较使用普通盲杖更为合理，路程更短，所耗时间也更短。

**产品测试一：**随机寻找三位视听障碍者（第1位为24岁年轻人、第2位为41岁中年人、第3位为69岁老年人），在起点和终点相同（起点和终点相差100米）的情况下测试他们使用普通盲杖行走、使用本产品这两种情况下行走分别所耗费的时间。

如图所示，在起点和终点相同的情况下，视听障碍者使用本产品与使用普通盲杖相比，1号测试者行走时间缩短约39%，2号测试者行走时间缩短约38%，3号测试者行走时间缩短约44%，说明本产品辅助出行具有较好的引导效果。

表1 三位视听障碍者使用普通盲杖和本产品的行走时间对比

测试者	1号视听障碍者 (24岁)	2号视听障碍者 (41岁)	3号视听障碍者 (69岁)
测试条件	起点和终点相同情况下，视听障碍者使用普通盲杖和本产品从起点到终点所耗费的时间对比		
使用普通盲杖行走时间 (秒)	508	550	624
使用本产品行走时间 (秒)	310	342	351



图46 1号视听障碍者使用本产品照片

**产品测试二：**在相同起始点与终点、相同路段情况下，本小组成员通过Keep软件记录了模拟使用普通盲杖行走、模拟使用本产品、正常行走这三种情况下行走的轨迹路径（模拟视听障碍者：带上眼罩和耳塞）。

如图所示，在相同起始点与终点、相同路段情况下，模拟使用本产品与模拟使用普通盲杖相比，行走时间缩短了29%。更为重要的是，通过keep软件的轨迹记录，可以看出模拟

使用本产品与模拟使用普通盲杖相比，使用本产品的行走路径更合理，且更贴近日常生活中普通行人的行走路径，凸显了本产品导航避障的优势。



图 47 使用普通盲杖行走路径 图 48 使用本产品行走路径 图 49 正常行走路径

## 4.2 同类产品对比

表 2 同类产品对比

产品图						
产品名称	巴元普通盲杖	科峰超声波导盲杖	导盲犬	视氮避障眼镜	美国 Wicab 盲人助视系统	智引者 (本系统)
价格	75 元	1680 元	20 万元左右 (全国约 90 只)	5000 元左右	64660 元	5500 元
导航功能	×	×	√	√	×	√
避障功能	×	√	√	×	√	√
语音交互功能	×	×	×	√	×	√
触摸交互功能	×	×	×	×	×	√

是否适用于视觉障碍者	√	√	√	√	√	√
是否适用于视听障碍者	√	×	√	×	√	√

## 5. 总结与展望

### 5.1 总结

本系统有以下优势：

(1) **性价比**：相较于功能单一的视听障碍者出行辅具、价格昂贵且数量有限的导盲犬等而言，本系统价格相对较低，价格在普通家庭和社区医院可接受范围内。

(2) **精准性**：通过激光雷达与超声波传感器组合使用来进行精准路径规划以及实时避障功能，使得本系统在导航牵引上精确度颇高。

(3) **交互性**：基于视听障碍者的生理特征，设置语音交互和触摸交互功能。面对不同程度的视听障碍者，均可一定程度上满足其基本的人际交往的需求。

(4) **安全性**：用户的实时位置可在应用 APP 上向家属实时反馈，精准定位，且设置急停功能，提高出行的安全性。

### 5.2 创新点

(1) **导航避障精准度高**：使用 DWA 算法局部规划与 A\*算法全局规划融合，精准进行实时路线规划和障碍物规避，导航精度高达 96.73%，SLAM 建图精度高达 2cm。为视听障碍者提供了安全出行，安心出行的保障。

(2) **提供信息交互窗口**：运用语音识别、解析、合成等技术，实现语音交互功能；设计组装舵机与盲文点阵，配备智引者家属 APP，实现触摸交互、紧急求救功能。帮助视听障碍者与小车和家人进行基本的信息交流。

## 5.3 展望

未来的残障辅助用具也要不断实现家庭化、轻型化、智能化、网络化与模块化。未来市面上残障辅助用具大有与物联网结合，从而智能化、便携化、轻型化的趋势。而随着时代的进步和科技的发展，运用科技手段为老助残已是大势所趋，万物互联在残障辅助用具的应用中也越来越广泛。精准性、交互性、安全性对于视听障碍者具有重大意义。

同时，后天性的视听障碍者大多是中老年人，功能障碍导致的出行困难和人际交往困难，这无疑对其已有的事业、家庭、生活带来了毁灭性打击。本系统除了帮助视听障碍者安全出行和进行基本的人际交往之外，更希望未来能使系统成为此类人群的臂膀，他们可以通过 AI 导航小车连接不同的模块，操控各种外围设备，帮助他们提高生活自理能力，重新融入社会，实现自我价值。

我们认为接下来在以下几个方面，还需要做进一步的研究和开发。

(1) **适用性**：单独激光雷达的建图无法应付城市复杂的交通状况，我们希望未来能将更多种的智能传感器融入到系统中，实现对复杂路况的应对。

(2) **续航能力**：通过增大电池容量或据当前路况情况进行不同传感器的自动开关，以提高续航，满足视听障碍者长时间出行需求。

(3) **可拓展性**：让用户可以轻松地实现各种外围设备的选择和转接，例如可以自由添加歌曲播放等娱乐模块、可以控制家中的智能家电开关等。

(4) **数据反馈平台**：完善家属端的应用 APP，建立家庭信息反馈平台，与 AI 导航小车进行更多更深的对接等。

## 6. 致谢

本项目在筹备与研发过程中，得到了广东实验中学黄颖老师、王剑老师的悉心指导。在产品制作与优化中，也得到了周述苍老师、黄明睿老师的关心与帮助，在这里一并表示衷心的感谢。

在日常生活中，由于现有公共设施配套不完善等问题，视听障碍人士往往陷入无法正常出行的困境。与此同时，由于缺乏对视听障碍群体的关怀，市面上针对该群体人际交往需求的设备寥寥无几。视听障碍群体急需适合在室内外进行导航避障的智能设备，切实满足不同程度视听障碍者的出行安全与人际交往需要。详细研究背景见本论文引言一节。

项目负责人陈华伦在项目中负责统筹项目，完成项目的功能细化如导航避障的功能设计和实现，在产品制作及改进阶段负责电子电路的制作和产品优化方案的实现。组员郑思志学习 C 语言和 ROS 系统的相关知识、电路连接等技术手段，主要负责导航避障的功能、语音交互方案的技术实现。组员周晨希进行了无障碍产品设计学习，学习视听障碍者人群特征，主要负责触摸交互和 APP 之功能的技术实现。

本小组参加了广东实验中学英才计划，指导老师黄颖、王剑为学校老师，周述苍老师为英才计划指定老师。他们都是无偿的对我们进行了指导。尤为感谢广东工业大学的周述苍老师在小车运动程序上的指导，使我们能够更好地实现这个项目。

**团队成员简历：**

陈华伦：广东实验中学英才计划成员，2017 第十五届小学“希望杯”全国数学邀请赛荣获六年级金奖，2020 年荣获广东实验中学“学习卓越奖”。

郑思志：获第 14 届宋庆龄少年儿童发明奖金奖，第 31 届广州市青少年科技创新大赛二等奖，2017 年广州市中小学电脑制作活动小学校园创客作品一等奖，第 34 届广州市青少年科技创新大赛发明创造作品初中组二等奖，第 34 届广州市青少年科技创新大赛广东实验中学校长创新奖，第十届国际发明展览会发明项目奖银奖。

周晨希：2020 级广东实验中学英才计划成员，2020 级广东实验中学格致班学习委员，现任广东实验中学科技工程社副社长，获第十届世界合唱节童声组、民谣组金奖，2020 年下学期学校三好学生标兵提名。

### 指导老师简历：

黄颖：高中综合实践活动教师，广州市综合实践活动中心组高中副组长，广东实验中学高中科技创新教练组负责人，广东省青少年科技教育创新团队成员，广州市 STEM 教育研究中心成员，华南师范大学电子信息科学与技术（师范）专业。指导学生在第 35 届广东省青少年科技创新大赛获 1 项一等奖；在第 36 届广东省青少年科技创新大赛获一等奖 3 项、二等奖 2 项、三等奖 1 项，专项奖 10 项；2020 年带队参加丘成桐科学奖获南部赛区一等奖 2 项、二等奖 5 项，全国总决赛优胜奖（第 7 名）1 项；2020 年指导学生参加第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛萌芽赛道获最高奖项——创新潜力奖（全国仅有 20 项）；2021 年指导学生参加第七届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛广东省分赛萌芽赛道获两项创新潜力奖（最高奖项，全省仅有 10 项）。先后荣获“全省优秀科技辅导员”“广东实验中学竞赛突出贡献奖”等荣誉称号。

王剑：高中综合实践活动高级教师，广东省中小学“百千万人才培养工程”省级培养学员，广东实验中学科技教育办公室主任、综合实践活动教研组长，广州市 STEM 教育研究中心常务副主任。曾担任第 32 届美国匹兹堡国际发明展青少年项目评委、第 67 届德国纽伦堡国家发明展青少年项目评委；现任广东教育学会理事、广东教育学会中学综合实践活动专委会常务理事、广东省青少年科技教育协会理事、广州市中小学劳动教育专委会常务理事。荣获过一项国家级教学成果奖、两项省级教学成果奖；主持或参与两项国家级、三项省级、两项市级课题。指导学生获得国际奖 54 项，国家级奖项 200 多项，500 余项省级以上奖项。发表了 12 篇论文，撰写一篇 22 万字的人工智能相关专著。先后荣获第六届中国国际“互联网+”大学生创新创业大赛萌芽赛道优秀创新创业导师奖、全国中学生水科技发明比赛优秀指导教师（连续 6 年获得）、全国创新型名师、广东实验中学先进工作者、广东实验中学优秀共产党员等荣誉称号。

## 参考文献

[1] 马红霞, 雷江华. 盲聋人触觉记忆研究的进展及启示 [J]. 现代特殊教育, 2020(06):46-50.

[2] 黄东锋, 陈曦, 林爱华, 江明旭, 刘鹏, 陈少贞, 李海, 杨志明, 龚春光. 广东省城乡残疾人个体生活能力的分析 [J]. 中国康复医学杂志, 2008(09):815-818.

[3] 文艳群, 董继先. 面对视听障碍者的无障碍设计 [J]. 艺术探索, 2011, 25(01):115-116.

[4]文艳群. 基于无障碍设计理念的产品设计研究——以视觉障碍者为例[J]. 设计艺术研究, 2013, 3(01):45-48+57.

[5]孙媛媛, 王志亮. 面向视觉残疾者的室内空间无障碍助行系统设计[J]. 现代电子技术, 2019, 42(09):167-171+176.

[6]杨小静, 邓曙立, 曹小琴. 基于无障碍设计理念的老年助行产品设计研究[J]. 工业设计, 2019(03):66-67.

2021 S.-T. Yau High School Science Award

附录：

附件一：科技查新报告

报告编号：20210825CX02

## 科技查新报告

项目名称：视听障碍者出行辅助 AI 小车

委托人：广东实验中学

委托日期：2021年8月23日

查新机构(盖章)：中国科学院广州分院  
广东省科学院 信息服务中心

查新完成日期：2021年8月25日

中华人民共和国科学技术部

二〇〇〇年制

查新项目 名称	中文：视听障碍者出行辅助 AI 小车					
	英文：（略）					
查新机构	名称	中国科学院广州分院、广东省科学院信息服务中心				
	通信地址	广州市先烈中路 100 号大院			邮政编码	510070
	负责人	刘 漪	电话	020-37656952	传真	020-87685033
	联系人	彭志平	电话	020-37656412		
	电子信箱	information@stlib.cn				
<b>一、查新目的</b>						
成果查新						
<b>二、查新项目的科学技术要点</b>						
<p>据统计，我国视障人数的数量已经增长到了 1731 万人，听力残疾患者人数达 2780 万人。视听障碍者触觉灵敏，正常出行和人际交往的需求强烈。但由于部分无障碍出行设施难以满足出行需求，且现有视听障碍者出行辅具功能单一，或忽视人际交往需求，大部分视障者存在出行障碍问题。因此，基于产品设计的人性化、人情化、人性化需求，本项目研发出一套兼具安全性、精准性、语音与手触可交互性、配套家属端 APP 实时定位、性价比高的适合在室内外进行导航避障的设备。该设备由 AI 导航小车及应用 APP 组成。AI 导航小车包含导航避障模块、语音交互模块和触摸交互模块。导航避障模块负责实现定位功能、路径规划功能与实时避障功能。语音交互模块可以帮助视觉障碍者通过语音指定小车到达指定地点，也可询问天气、讲笑话等。触摸交互模块可以帮助视听障碍者进行盲文信息交互。应用 APP 与触摸交互模块配合使用，既能显示实时位置，提高出行的安全性；又能使视听障碍者与小车、家人之间可以进行基本的信息传递。通过行人模拟盲人行走测试，相同位移情况下，测试者使用本产品较使用普通盲杖行走时间缩短约 40%。在轨道路径测试中，模拟使用本产品与模拟使用普通盲杖相比行走时间缩短 29%。通过轨迹记录可看出使用本产品的行走路径更合理，且更贴近日常生活中普通行人的行走路径，凸显了本产品导航避障的优势。</p>						



### 三、查新点与查新要求

#### 查新点：

(1) 开发出一款辅助视听障碍者出行的 AI 小车。该 AI 小车由 AI 导航小车及应用 APP 组成，具有导航避障与信息交互功能。

(2) 基于视听障碍者的触觉灵敏性开发出触摸交互模块实现盲文信息交互，根据视觉障碍者听觉灵敏性开发出语音交互模块进行语音交互，并开发应用 APP，能够进行实时定位，实现了视听障碍者与小车、家人之间基本的信息传递。

查新要求：希望查新机构通过查新，对查新项目进行国内综合对比分析，证明在所查范围内国内有无相同或类似研究。

### 四、文献检索范围及检索策略

#### 1. 中文检索数据库及搜索引擎：

- (1) 中国专利数据库 (1985- )
- (2) 中国知网 <http://www.cnki.net>
  - 中国期刊全文数据库 (1979- )
  - 中国博士学位论文全文数据库 (1999- )
  - 中国优秀硕士学位论文全文数据库 (1999- )
  - 中国重要会议论文全文数据库 (1999- )
- (3) 维普科技期刊网 (1989- )
- (4) 中国科技经济新闻数据库 (1992- )
- (5) 国家科技图书文献中心 <http://www.nstl.gov.cn>
- (6) 中国科学文献服务系统 <http://www.sciencechina.ac.cn>
- (7) 全国科技成果交易信息库 (1990- )
- (8) 中国科学技术成果数据库 (1985- )
- (9) 《国家科技成果网》<http://www.nast.org.cn/>
- (10) <http://www.google.com>

#### 2. 检索词：

视听障碍、出行辅助、导航避障、APP、触摸交互、语音交互、信息感知、盲文信息交互

#### 3. 检索策略：

- (1) 视听障碍 AND (出行辅助 OR 导航避障)；
- (2) 导航避障 AND APP；
- (3) 视听障碍 AND (触摸交互 OR 语音交互 OR 信息感知 OR 盲文信息交互)；

## 五、检索结果

利用以上检索词和检索式,共查出相关中文文献 65 篇。对检出的文献进行筛选和比较后,获得较相关文献 12 篇。列举如下:

[1]袁珍.一种基于树莓派的盲人避障导航手杖[J].鄂州大学学报,2020,27(04):98-100.

机构:黎明职业大学通识教育学院

摘要:提出一种基于树莓派的盲人避障导航手杖,采用树莓派作为主控制器,结合摄像头、GPS 模块、超声波测距传感器和舵机等辅助设备,实现障碍物提醒、人脸识别、路况识别、导航和报警等功能。与现有技术相比,能实现家属手机的远程控制,设计更加人性化、合理,并能全面保障盲人出行安全。在未来使用时用户能自主增加一些简单的功能,扩展性强。

[2]张青宗,董丽梅,李承超,梁军武,苏越,刘广桥.牵引式导盲机器人的设计与实现[J].甘肃高师学报,2019,24(02):44-47.

机构:兰州城市学院培黎石油工程学院

摘要:牵引式半自动导盲机器人是专门为盲人设计的一种服务型机器人,主要用于城市盲道避障。通过 GPS 导航仪、超声波传感器、红外传感器、远程视频交互系统与 PLC 控制器组成驱动控制系统,由一个方向轮和电机完成转向,由语音播报系统告诉盲人路线和路况。从机器人性能要求的角度出发,最终确定了方形轮驱结构。实验结果表明:导盲机器人性能可控性高、安全系数高,运用方便灵活。

[3]董云飞,钟万福,梁子杰,柳明远,周佳豪.基于北斗导航的导盲无人机[J].科技创新与应用,2020(07):35-37.

机构:湘潭大学

摘要:出行不便为盲人带来了很大困扰,现有产品的辅助出行效果一般。文章设计的基于北斗导航的导盲无人机,能够保障盲人的出行安全,具有红绿灯状态识别、斑马线识别、位置定位、语音提示避障、盲人交流等功能,使无人机将成为盲人的空中之“眼”。

[4]阮骁扬,宋方舟.一种基于 Arm 技术的智能盲人出行辅助设备[J].电子技术与软件工程,2016(18):138.

机构:大连海事大学

摘要:随着我国经济与社会不断发展,传统的手杖、盲道等设备已经不能满足盲人出行的需要,我国盲人迫切需要一种能够较好进行出行辅助的设备,而在这种需求下研发一款智能盲人出行辅助设备具有一定的现实意义。在已经面世的智能盲人出行辅助设备中,超声波识别是这类设备最多采用的技术形式,但这种技术的采用只能对障碍的距离进行判别,并不能为盲人提供较为实用的出行辅助,为此本文设计描述了一种基于 Arm 技术的智能盲人出行辅助设备,将 GPS 定位,语音播报,红外线障碍检测,光电传感防踩空等功能整合,方便盲人出行。

[5]叶俊,程冰,朱文婷.智能避障导航鞋[J].中国科技纵横,2017(24):64-65.

DOI:10.3969/j.issn.1671-2064.2017.24.037.

机构:武汉理工大学

摘要:设计了一款组合多种传感器的多功能避障导航鞋,有效解决盲人出行等问题。本作品采用红外传感器检测盲人前行障碍,以便及时作出警示,该智能鞋具有检测精度高、速度快等优点,可有效检测障碍物防止盲人摔倒;设计盲人专用手机 App,利用 GPS 模块实时获取当前经纬度坐标,实现准确导航功能;突遇紧急情况时,可通过内置的 GSM 模块向家人发送求助短信,实现紧急救援功能。

[6]具有探测高处障碍物的导盲手杖

摘要:本实用新型公开了一种具有探测高处障碍物的导盲手杖,手杖上杆的顶端设有手柄,手柄的手指部上表面高于手柄的手掌部上表面;手柄内部两侧设有震动马达,手柄的上表面端部设有一键求救装置;手杖上杆上设有支架,支架的一侧设有超声波发射器,另一侧设置有电子指南针,手杖上杆内部设有定位装置和 nano 板, nano 板和定位装置均与内置 APP 的移动终端相通讯;手杖下杆的侧面设有下超声波发射器,内部设有红外避障传感器,底部设有定向轮;手杖上杆和手杖下杆的连接处设置有可上下滑动的调节卡箍。此结构简单,安装定向轮,使用起来较省劲,适用于不同身高的人群,节约了导航模块和 GPS 定位模块的成本,具有多种功能,使家人更加放心。

申请号: CN201920042032.6

申请人:太原创客空间科技有限公司

[7]王瑞荣,李晓红,陈瞳.基于触觉感知的盲人助行系统研究[J].山西大同大学学报(自然科学版),2018,34(05):11-14.

机构:太原工业学院电子工程系

摘要:本文实现了一套基于双目视觉与触觉感知的盲人助行车系统。采用 Kinect 传感器感知前方道路中的环境信息,主要包括 RGB 彩色信息和深度信息。安装在车体底部的红外摄像头用于检测路面的凹凸情况,以避开微小障碍物等危险信息;振动触觉表达腰带通过不同的振动编码模式驱动振动电机实现多种振动信息的表达,帮助视觉障碍者感知外界环境信息。实验表明,研究的盲人助行车系统可以有效地辅助视觉障碍者感知外界环境并进行独立的行走。

[8]王涛,汪佳欣,张新科.基于语音交互和定位系统的智能导盲伴侣[J].单片机与嵌入式系统应用,2019,19(11):35-38.

机构:太原理工大学信息与计算机学院

摘要:设计了一款以 Arduino 单片机为核心的智能导盲伴侣系统,创新性地将导盲手杖与手机 APP 结合起来,实现了超声波避障、定位、语音导航及人机交互和图像采集处理等功能。相比市场上所谓的“智能导盲杖”,不仅功能有所增加,成本也大大减少,使得多数视力残疾者可以安心出行。

[9]江宇,曾毓波,李元,徐迎庆.面向盲人的图形显示设计方法及其用户体验研究[J].计算机辅助设计与图形学学报,2011,23(09):1539-1544.

机构:清华大学信息艺术设计系

摘要:针对已有的盲人触觉显示器所展示的图像不能有效地为视觉障碍人士提供准确的信息的问题,从盲人对电子触觉图像的需求出发,通过分析盲人在使用传统触觉图像中所遇问题以及涉及到的人机因素的相关背景知识,结合新型显示方案的需求,总结并提出盲人触觉图像设计准则。通过实验对比传统图像与根据该准则重新设计的 T-图像,实验结果

表明，T-图像大大地提高了触觉图像的可用性，有效地增强了盲人获取信息的效率，验证了此准则的有效性与其可行性。

[10]刘梦玉. 基于情境意识的视障人群出行伴护产品设计研究[D]. 华南理工大学, 2020.  
摘要: 随着科技的进步, 智能硬件的发展和体验经济的崛起, 可穿戴电子产品走进了我们的生活, 也为视障群体带来福音。盲人出行辅助类产品的研究, 能够为盲人提供更好的社会服务, 以解决更多的社会问题。由于盲人视觉通道的缺失, 盲人在出行场景中需要耗费注意力资源通过听觉、触觉等其它通道感知道路信息, 对路况进行理解和预测, 及时做出行为调整, 以避免事故的发生, 因此必须具有较高的情境意识。而盲人的出行情境意识与出行产品的可用性、风险感知等用户体验要素紧密相关, 需要对听觉通道和触觉通道提示进行合理而有效的设计以降低盲人认知负荷, 提高出行任务绩效, 改善用户体验, 提高盲人的出行情境意识。针对盲人出行情境下的听觉、触觉通道提示设计及其用户体验问题, 研究了国内外学者对情境意识的理论模型、影响因素等研究成果, 梳理了现有的国内外盲人出行辅助类产品研究, 对听觉、触觉通道在盲人出行伴护产品中的设计要素和信号参数进行归纳, 提出了听觉、触觉通道的设计原则, 作为设计研究的理论依据。为了对盲人出行伴护产品整体的用户体验进行评估, 结合情境意识测量方法, 提出了适用于盲人出行伴护产品评估的模型框架, 为评估盲人情境意识和出行伴护产品的用户体验提供思路。以盲人出行伴护产品的听觉通道和触觉通道交互设计为出发点, 展开课题的具体研究。采用用户行为观察、用户访谈和问卷调查方法, 了解盲人对于出行伴护产品的使用意向、产品期望、功能需求等, 理解盲人在出行过程中存在的问题和风险, 构建用户角色模型, 对产品功能进行规划与分析, 发现设计要点和机会点。对盲人出行情境进行研究, 得出盲人出行情境层次, 归纳了盲人出行情境要素分类表, 总结出盲人出行伴护产品多通道交互设计流程。并按照该流程对盲人出行伴护产品的听觉通道和触觉通道进行了设计。采用 Python 和 pygame 等模块完成听觉系统开发, 借助振动电机、超声波传感器和树莓派等模块实现触觉系统开发。开展实验验证听觉、触觉通道提示设计策略, 通过分析被试对听觉提示的感知时间、任务判断正确次数, 以及对触觉提示的感知时间、方向感知任务正确率、舒适度和感知程度, 得出不同声音形式、不同振动模式对用户体验和情境认知的影响, 并得出合适的听觉提示方式和触觉提示方式。根据实验结果选择合适的听觉、触觉提示方式, 结合用户调研结果和典型用户特征, 归纳出产品的设计原则, 实现产品的各个功能模块, 并对产品的形态语义偏向进行分析, 推导出产品定位, 用以指导产品的设计实践。开展实验评估盲人出行伴护产品整体的用户体验, 实验表明, 盲人出行伴护产品总体用户体验良好, 具备听觉和振动触觉提示方式, 能够提高盲人的任务完成效率, 提升盲人的风险感知能力和决策正确率, 降低盲人的认知负荷, 从而提高了出行情境意识, 满足盲人的功能需求和设计要求, 也验证了听觉、触觉通道及整体设计的可行性。

[11]王雯. 博物馆面向视障者的无障碍设计研究[D]. 湖北: 武汉理工大学, 2014. DOI: 10.7666/d.d017879.

摘要: 本文主要通过博物馆无障碍设计的研究分析, 并完善博物馆从硬件设施到软件设施的配备, 从而更好地改善视障者在参观博物馆过程中会遇到的问题。通过对博物馆系统地研究和分析现有无障碍设计的发展过程及案例, 从理论上总结出博物馆无障碍设计在建筑设施配备、数码交互设计、空间信息传递上的设计特点, 分析其设计要素。在充分掌握博物馆空间环境使用、信息交互创新和展示方式及功能更新等特性的基础上, 结合视障障碍者的群体特征, 将真正的无障碍应用在博物馆设计的实际可行性系统分析。首先,

了解国内外有关博物馆展示空间、视听障者的心声、无障碍设计的发展状况和社会需求。结合我国的实际状况,分析博物馆文化传播和信息交互在无障碍设计应用中面对的困难及存在的问题,选择最合视听障者在参观博物馆的无障碍设计体系,促进了博物馆文化知识的传播和发展,帮助视听障者人士运用便捷的方式参观博物馆,接触社会生活并了解历史文化。其次,学习用现代设计的观点和思维模式来重新审视博物馆无障碍设计的必要性,促进我们对信息传达、交互设计、人性化设计的认识和研究,将无障碍设计运用到博物馆,倡导更加人性化设计的方式。关注视听障者的群体需求,通过视听障者的生理行为、心理需求等理解分析,结合空间结构的安全问题、信息交互和文化传播的特性,将无障碍设计运用到博物馆的展示设计中,完成博物馆中视听障者所需的无障碍设计系统分析。最后,对博物馆空间设计和无障碍设计的相关信息资料进行梳理,将视听障者的行为特征考虑到博物馆无障碍设计中,设定一条合理的参观空间、动线和信息传递的交互设计,让视听障者也能正常参观博物馆并读取信息展示空间设计中材料的选用和动线规划等设计。其中,涵盖博物馆对视听障者所需的建筑设计和结构设计并以此为基础,通过对视觉、听觉、触觉和嗅觉的了解认知,将信息传达无障碍化。在整个博物馆无障碍设计的过程中,对所学知识进行整理,运用理论知识来指导设计实践和系统分析。结合具体的设计案例分析,整理无障碍设计过程中所采用的理论分析和技术方法,提出关于将信息交互应用在博物馆无障碍中的设计建议。

[12]王学磊. 面向视听障者的信息产品无障碍设计研究[D]. 湖南:中南大学, 2009. DOI: 10.7666/d.y1719775.

摘要: 21世纪是信息时代,信息传递方式日新月异,信息产品层出不穷。但是作为社会的弱势群体,由于生理和心理上的各种障碍,视听障者却很少从中切身感受到先进科技所带来的益处。无障碍设计正是基于设计领域中对“弱势群体”因素的充分考虑而提出的。目前,针对公共建筑环境及设施的无障碍研究较多,但较少涉及面向视听障者的信息产品的研究,以至于很大程度上,视听障者对信息产品的认知和使用存在着不同程度的障碍。因此,课题试图以认知心理学相关理论为基础,以视听障者的认知特征为突破口,以广义无障碍设计思想为指导,研究面向视听障者的信息产品无障碍设计,为现实设计提供一定的参考。本文首先分析了无障碍设计的理论基础,探讨了广义无障碍设计的概念;其次运用心理学和行为学等学科的相关理论对视听障者的生理、心理及行为特征进行分析,进而从生理(物质层面)和心理(精神层面)两个角度探索视听障者对信息产品的无障碍需求;然后以研究视听障者的认知特征为突破口,以认知心理学为理论依据,在分析视听障者对信息产品的认知及信息产品构成要素的基础上,提出并构建“可视化”、“可听化”无障碍用户模型,并进一步探索无障碍用户模型在信息产品设计中的应用方法与原则。最终,通过无障碍私人电子秘书的设计案例对无障碍用户模型进行创新应用,以验证其可行性。总之,本文的核心内容与创新点在于:从不同角度探索了视听障者对信息产品的无障碍需求,从知觉角度对信息产品构成要素(物质属性与功能信息交互方式)进行研究,以此为基础提出并构建独特的“可视化”、“可听化”无障碍用户模型;并从广义无障碍设计的角度进一步探索无障碍用户模型在信息产品设计中的应用方法与原则,既补充了产品无障碍设计理论,又为信息产品设计提供一定的参考,具有重要的理论意义和现实价值。

## 六、查新结论

我中心受广东实验中学委托,根据用户提出的查新点和检索词,针对“视听障碍者出行辅助 AI 小车”这一项目进行国内文献检索,共检索出相关文献 12 篇。

基于辅助视听障碍者出行方面:文献 1 提出一种基于树莓派的盲人避障导航手杖,实现了障碍物提醒、人脸识别、路况识别、导航、报警及家属远程控制等功能,但无与之对应的 APP。文献 2 为盲人设计了一款牵引式半自动导盲机器人,主要用于城市盲道避障,由语音播报告诉盲人路线和路况,未设计与之对应的 APP。文献 3 设计了一款基于北斗导航的导盲无人机,具有红绿灯状态识别、斑马线识别、位置定位、语音提示避障、盲人交流等功能,与该项目通过 AI 小车实现辅助出行的方式不同。文献 4 描述了一种基于 Arm 技术的智能盲人出行辅助设备,将 GPS 定位、语音播报、红外线障碍检测、光电传感防踩空等功能整合,虽然都是辅助设备的设计与实现,但该项目所研究针对视听障碍者的 AI 小车,产品的服务对象和产品种类存在不同。文献 5 设计了一款组合多种传感器的多功能避障导航鞋,有效解决盲人出行等问题,与该项目实现辅助出行的方式存在不同。文献 6 针对常规手杖只能识别低处障碍物的问题,设计了一款能识别高处障碍物的手杖,实现辅助出行的方式与该项目存在差异。

与视听障碍者的信息交互方面:文献 7 实现了基于触觉感知的盲人助行系统,通过不同的振动编码模式驱动振动电机实现信息的表达,与该项目相同,都利用了盲人/视听障碍者触觉的灵敏性,通过触觉传递信息,但该项目还利用了听觉以及应用 APP,两者实现的功能略有不同。文献 8 将语音交互与 APP 结合,实现了定位、语音导航、避障及人机交互等多功能,该项目也利用了语音交互和应用 APP,但该项目还利用 APP 为客户的家人提供位置信息,并利用触觉感知进行盲文信息交互,该项目的功能更全面。文献 9 重新设计了一款 T-图像对已有的盲人触觉显示器进行优化,提高了触觉图像的有效性,与该项目相比,都利用触觉感知进行信息交互,但该项目旨在将触觉交互引入出行设备,而非交互效果优化。文献 10 基于客户触觉和听觉提示的需求,开发了触觉/听觉系统,提高了盲人的风险感知能力,与该项目采用相同的知识原理进行产品设计,但该项目在设计时还考虑了与客户的家人之间的信息传递,更具人性化。文献 11 针对博物馆中视听障碍者存在的不便进行了相应的软硬件设计、优化,与该项目面向的应用场景不同。文献 12 研究了对于视听障碍者的信息产品无障碍设计,与该项目研究侧重于实现视听障碍者与小车、家人之间基本的信息传递存在不同。

经对相关文献进行比较分析,可得出查新结论如下:目前国内文献中,未见有与该项目“视听障碍者出行辅助 AI 小车”查新点完全相同的研究报告。

查新员(签字): 胡杰

查新员职称: 馆员

审核员(签字): 彭志平

审核员职称: 副研究员

2021年8月25日

## 七、查新员、审核员声明

- (1) 报告中陈述的事实是真实和准确的。
- (2) 我们按照科技查新规范进行查新、文献分析和审核,并作出上述查新结论。
- (3) 我们获取的报酬与本报告中的分析、意见和结论无关,也与本报告的使用无关。

查新员: 胡杰

审核员: 彭志平

## 附件二：专利申请受理书



国家知识产权局

510627

广州市天河区黄埔大道西 638 号广东农信大厦 1003 房  
广州弘邦专利商标事务所有限公司 程长文(020-37883640)

发文日:

2021 年 08 月 31 日



申请号或专利号: 202111005649.9

发文序号: 2021083100086950

### 专利申请受理通知书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定,申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下:

申请号: 202111005649.9

申请日: 2021 年 08 月 30 日

申请人: 郑思志, 陈华伦, 何胤良, 周晨希, 韩子健, 黄颖, 王剑

发明创造名称: 一种基于 AI 的视听障碍患者出行辅助小车

经核实, 国家知识产权局确认收到文件如下:

说明书附图 每份页数:1 页 文件份数:1 份

专利代理委托书 每份页数:2 页 文件份数:1 份

说明书摘要 每份页数:1 页 文件份数:1 份

实质审查请求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份

说明书 每份页数:9 页 文件份数:1 份

发明专利请求书 每份页数:7 页 文件份数:1 份

权利要求书 每份页数:3 页 文件份数:1 份 权利要求项数: 8 项

提示:

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时, 可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后, 再向国家知识产权局办理各种手续时, 均应当准确、清晰地写明申请号。
3. 国家知识产权局收到向外国申请专利保密审查请求书后, 依据专利法实施细则第 9 条予以审查。

审查员: 自动受理

审查部门: 专利局初审及流程管理部

200101 纸件申请, 回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局受理处收  
2019.11 电子申请, 应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外, 以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

## 附件三：论文发表证明

稿件编号: 2021.08.24.0001

标题: 智引者——视听障碍者出行辅助AI小车

作者: 周晨希 韩子健 陈华伦 郑思志 何胤良 黄颖 王剑

稿件类型: 中文稿件

关键词: N/A

投稿人: 王剑

投稿日期: 2021/8/24

稿件操作 →

文件下载 →  原稿全文 2021/8/24 8:30:10

审稿流程					
历史阶段	处理人	开始时间	计划完成时间	实际完成时间	处理结果
● 初审	*	2021/8/24		2021/8/26	终审 220
● 终审	*	2021/8/26		2021/8/27	安排刊期
● 安排刊期	*	2021/8/27		2021/8/30	2022年 01期 30-60万栏目 定稿

## 附件四：专家推荐信

### 推荐信

“科技助残”是未来残障人士关怀事业发展的未来重心，残障人士关怀有着巨大的潜在市场。广东实验中学的《智引者——视听障碍者出行辅助 AI 小车》项目组同学关注到视听障碍群体被忽视的人际交往需求，研发出一套兼具安全性、精准性、语音与手部可交互性、配套家属端 APP 实时定位、性价比高的适合在室内外进行导航避障的 AI 导航小车，切实满足不同程度视听障碍者的出行安全与人际交往需要。这是一个非常有潜力和前景的项目研发课题，希望广东实验中学的同学们再接再厉，继续优化项目设备，为视听障碍者带来更加精彩而丰富的生活！

  
广东工业大学 计算机学院  
刘冬宁  
博士、教授、副院长

2021 年 8 月 23 日星期一

## 推荐信

我郑重推荐广东实验中学的《智引者——视听障碍者出行辅助AI小车》项目。该项目基于产品设计的人性化、人情化、人际化需求，秉承“以人为本”的设计理念，针对视听障碍者群体的出行需求和人际交往需求，研发出一套兼具安全性、精准性、语音与手部可交互性、配套家属端APP实时定位、性价比高的适合在室内外进行导航避障的AI导航小车，不仅能提高视听障碍者的室内外出行能力，从而提高其生活自理能力，而且能让其融入到正常生活中，提高其生活幸福感和满足感，促进其人生价值的实现。该项目立意新颖、应用性强，具有良好的发展前景。相信广东实验中学的同学们能够再接再厉，使项目产品更加完善，更上一层楼！



广东工业大学 自动化学院

博士、教授、副院长

2021年8月23日

## 推荐信

残疾人是特别需要社会保障的社会弱势群体，需要全社会进行关怀和帮助，习近平总书记强调“残疾人是一个特殊困难的群体，需要格外关心、格外关注。”

广东实验中学的《智引者——视听障碍者出行辅助 AI 小车》项目组同学关注到视听障碍群体被忽视的人际交往需求，研发出一套兼具安全性、精准性、语音与手部可交互性、配套家属端 APP 实时定位、性价比高的适合在室内外进行导航避障的 AI 导航小车，设计使用了ROS与Python，应用了激光雷达、超声波测距模块和万向轮等硬件，结合物联网技术，尝试建立一个可行的适用于视听障碍者的出行辅助系统，在降低视听障碍者出行门槛与成本的同时，体现人文关怀，使视听障碍残疾人能享受到科技发展带来的便利，切实满足不同程度视听障碍者的出行安全与人际交往需要。

这是一个非常有前景，且有现实社会意义的项目研发课题，让广大的视听障碍群体能真切的感受到社会的温暖和人文关怀。希望该项目能尽快落地，为视听障碍者带来福音。

从都国际生命健康管理有限公司



硕士生导师、主任医师、院长

2021年8月23日