



**2018年大学生创新创业训练项目**

**中期成果汇报**

项目名称： 超声波空间定位仪

指导教师： 陈余庆

项目负责人：罗琪

项目组成员：姜永耀、卢光宇、林舒月

**大连海事大学**

**大学生创新创业训练计划项目中期进度报告书**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目名称 | | **超声波空间定位仪** | |
| 项目计划执行情况 | | | 提前完成 □ 　按时完成 √ 　延期完成 □　　　可能无法完成 □ |
| 项目进展及下一步工作安排  项 | 1.项目进展情况（项目是否如期进展、已完成的工作等）：   |  |  | | --- | --- | | 项目申报时的进度安排 | 目前执行情况 | | 1. 立项成功~2月：完成项目立项工作，查找资料，看相关论文，设计初期实验验证方案，并购置传感器和初期电路板的设计与绘制。  2. 3月~4月：元器件回来后，开始制作简易模型进行初步的数据测试及调试；并根据实际情况进行方案调整。  3. 4月~5月：准备中期答辩材料。调试硬件电路，使声波收发更加灵敏，误判更小，同时编写上位机显示发射模块空间位置。  4. 5月~8月：调试硬件电路和时序，提高仪器精确度和灵敏度。进行各模块的组合和图形显示代码编写；  5. 8月-结项前 进行实物的改进和拓展；争取实现多个定位仪的互联。 | 1. 已完成。查阅大量资料后我们经过讨论设计了模型，经过方案的论证，已经绘制出电路板。  2. 已完成。对传感器进行多次测试，并在已有的放大电路基础上能够完成信息采集。下一步对自己设计的电路板进行测试。  3. 部分完成。自主设计的电路板已经开始调试，出现了一些BUG，目前正在查错。上位机已经写好，能够接收和显示回传信息并在坐标轴上绘制出实时位置。  4. 待完成，  5. 待完成。 |   2.项目实施过程中遇到的困难及解决措施：   1. 初期，在传感器选择方面遇到较大困难，由于项目是用超声波为信息传播载体，而目前市场上的超声波传感器的灵敏度不够高，接受角度小，且接收调制电路复杂。所以我们放弃了直接买集成模块的方案。在查阅资料之后我们选用塑料超声波接收探头，这种探头具有灵敏度高，接受角度大等特点。配合接收调制放大器能够达成良好的效果。 2. 在电路板设是没有注意STM32单片机个别引脚不能兼容5V电平，导致烧毁了很多芯片，以至于整体进度的推迟，最后在仔细检查后找到了解决方案。 3. 超声波接收调制电路的灵敏性虽然能够达到要求，但准确度却不高，在排查原因后发现是接收芯片的外部参数配置不对，但我们所用的芯片资料较少，应用于超声波检测方面的资料则更加难找，目前这个问题还待解决。   3.已取得阶段性成果以及项目结题成果形式（含发表、待发表及未发表，附相关成果复印件）：  1)目前已完成硬件电路的设计，如图：    已经对所有原件进行测试，能满足预期要求，但具体参数还待调整。  2)已经写好上位机框架，具体的处理还待完善。    5.下一步的工作计划（预计完成项目的时间，项目未能按照预订计划进展的原因及延期完成的时间）：  5月~8月：针对中期答辩评委老师的意见进行改进，并完善定位仪的基本功能，进行各模块的组合和图形显示代码编写；对声波的接收调制电路进行新的改进，使得定位仪有更好的效果。  8月-结项前： 进行实物的改进和拓展。完善单个定位仪后争取实现多个定位仪的互联，以提高定位仪的定位空间大小。  项目负责人签名： 罗琪 2018年 4 月 17 日  项目组成员签名： 姜永耀 林舒月 卢光宇 | | |
| 审核意见 | 指导教师对项目研究工作的意见、建议：  指导教师签名： 　　　年 月 日 | | |
| 院系审核意见：  负责人签名： 公 章 　 年 月 日 | | |

## 项目简介：

局域环境的空间一般较小，对处于该空间中运动物体的定位采用超声波定位系统是一种不错的选择。基于无线局域网的超声波定位系统利用了成熟的网络技术传递数据及用超声波测量距离，具有可靠性好、精度较高的优点，如何进一步提高其精度，使其具有较高的性价比是一个重要的问题。通过正确选择定位参考点的位置可达到提升系统性能的目的，该系统可用于娱乐游戏、矿山、安防等部门。

采用超声波定位系统，在较小的局域空间对移动物体进行定位。为提高该系统的性能，采用如下措施：利用成熟的无线局域网技术传输数据，使传输数据稳定、可靠；用射频技术传输超声波发送和接收端的同步信号，从而提高了定位系统中的测距精度；利用病态数学和良态数学的理论指导参考点的布置，使得由于超声波测距误差对定位系统的影响控制在允许的范围内，从而进一步提高了定位系统的精度。超声波定位系统的定位误差一般不大于6 cm。该系统具有较高的性价比，可满足在多种局域环境中对移动物体进行定位的精度需求。

本项目旨在设计制作一款小型、便携式的具有良好定位精度的超声波空间定位仪；该定位仪分为发射器和定位器两个部分，发射器是一个具有超声波发射功能的模块，同时发送电磁波和超声波，定位仪是带有电磁波接收器和三个不同位置的超声波接收器构成。利用声波的到达接收器的时间来确定发射器所处空间位置。本装置可用于房间，大厅等小范围的空间定位，可以为一些智能设备提供位置信息（如：智能垃圾桶等），也可多个定位仪构成一个较大的定位网络。初步估计定位精度最低为厘米级。

## 研究目的：

随着时代飞速变迁，科学技术迅猛发展，信息服务质量效率提高，受干扰度小，在人们的生活工作及科学研究中起到了非常重要的作用。室内定位技术非常实用，具有较大的拓展空间，其应用范围广泛，在复杂环境下，如图书馆，体育馆，地下车库，货品仓库等都可以实现对人员以及物品的快速定位。

超声波定位法的成本较为低廉且技术方面较其他方式更容易实现。虽然超声波在传输过程中衰减明显，但是我们将其用于室内定位还是绰绰有余。超声波的通讯速率虽然缓慢，但它的定位精度却是几种里面最高的，所以将超声波定位用于普通室内定位可以说是不二之选。

随着科技的发展，智能家居也是愈来愈火，但现在市面大多智能家居设备都是固定式的，着很大程度限制了一些需要空间位置的设备和产品。 我们研究的目的就是为这些设备和产品提供一个小型便携高精度的定位设备。

## 研究内容：

本项目是利用STM32系列单片机作为处理器的一款小范围内能达到厘米级的小型超声波定位仪。 定位仪主要是研究制作发射器、接收器和空间建模的程序。实现大约一个房间大小空间的较高精确定位。

定位仪的设计难点是超声波的接收和调制电路，由于是做的室内定位，超声波发射器的功率不能做的过大，这就造成了对接收器的灵敏度的高要求，且为了实现高精度的定位，硬件上的滤波工作也是极其重要的。这些都需要深入的研究。

硬件的设计只是其中的一部分，软件的处理也是十分重要。在查阅资料后我们决定采用粒子群算法对数据进行处理，实现对定位精度的进一步提高。

## 国内外现状和发展动态：

室内定位系统有最基本的5种算法：

　　（1） 起源蜂窝小区技术；

　　（2）时间到达法（TOA）；

　　（3）时间到达差法（TDOA）；

　　（4）信号强度法（RSSI）；

　　（5）到达角度差法（AOA）。

　　常用的室内定位技术主要包括以下几种：

　　（1） 基于超声波定位技术；

　　（2） 基于红外线的定位技术；

　　（3） 基于超宽带的定位技术；

　　（4）射频识别定位技术（WLAN、ZigBee）等。

1. **超声波技术**

超声波定位目前大多数采用反射式测距法。系统由一个主测距器和若干个电子标签组成，主测距器可放置于移动机器人本体上，各个电子标签放置于室内空间的固定位置。定位过程如下：先由上位机发送同频率的信号给各个电子标签，电子标签接收到后又反射传输给主测距器，从而可以确定各个电子标签到主测距器之间的距离，并得到定位坐标。

目前，比较流行的基于超声波室内定位的技术还有下面两种：一种为将超声波与射频技术结合进行定位。由于射频信号传输速率接近光速，远高于射频速率，那么可以利用射频信号先激活电子标签而后使其接收超声波信号，利用时间差的方法测距。这种技术成本低，功耗小，精度高。另一种为多超声波定位技术。该技术采用全局定位，可在移动机器人身上4个朝向安装4个超声波传感器，将待定位空间分区，由超声波传感器测距形成坐标，总体把握数据，抗干扰性强，精度高，而且可以解决机器人迷路问题。

定位精度：超声波定位精度可达厘米级，精度比较高。缺陷：超声波在传输过程中衰减明显从而影响其定位有效范围。

1. **红外线技术**

红外线是一种波长间于无线电波和可见光波之间的电磁波。典型的红外线室内定位系统Active badges使待测物体附上一个电子标识，该标识通过红外发射机向室内固定放置的红外接收机周期发送该待测物唯一ID，接收机再通过有线网络将数据传输给数据库。这个定位技术功耗较大且常常会受到室内墙体或物体的阻隔，实用性较低。

如果将红外线与超声波技术相结合也可方便地实现定位功能。用红外线触发定位信号使参考点的超声波发射器向待测点发射超声波，应用TOA基本算法，通过计时器测距定位。一方面降低了功耗，另一方面避免了超声波反射式定位技术传输距离短的缺陷。使得红外技术与超声波技术优势互补。

定位精度：5~10m。缺陷：红外线在传输过程中易于受物体或墙体阻隔且传输距离较短，定位系统复杂度较高，有效性和实用性较其它技术仍有差距。

1. **超宽带技术**

超宽带技术是近年来新兴的一项无线技术，目前，包括美国，日本，加拿大等在内的国家都在研究这项技术，在无线室内定位领域具有良好的前景。UWB技术是一种传输速率高（最高可达1000Mbps以上），发射功率较低，穿透能力较强并且是基于极窄脉冲的无线技术，无载波。正是这些优点，使它在室内定位领域得到了较为精确的结果。超宽带室内定位技术常采用TDOA演示测距定位算法，就是通过信号到达的时间差，通过双曲线交叉来定位的超宽带系统包括产生、发射、接收、处理极窄脉冲信号的无线电系统。而超宽带室内定位系统则包括UWB接收器、UWB参考标签和主动UWB标签。定位过程中由UWB接收器接收标签发射的UWB信号，通过过滤电磁波传输过程中夹杂的各种噪声干扰，得到含有效信息的信号，再通过中央处理单元进行测距定位计算分析。

基于超宽带技术的室内定位系统典型实例为：Ubisense，其定位方法为三边定位，定位精度为：6~10cm，缺陷：造价较高。

1. **射频识别技术**

射频识别室内定位技术利用射频方式，固定天线把无线电信号调成电磁场，附着于物品的标签 经过磁场后生成感应电流把数据传送出去，以多对双向通信交换数据以达到识别和三角定位的 目的。 射频识别室内定位技术作用距离很近，但它可以在几毫秒内得到厘米级定位精度的信息，且由 于电磁场非视距等优点，传输范围很大，而且标识的体积比较小，造价比较低。但其不具有通 信能力，抗干扰能力较差，不便于整合到其他系统之中，且用户的安全隐私保障和国际标准化 都不够完善。 射频识别室内定位已经被仓库、工厂、商场广泛使用在货物、商品流转定位上。

1. **Wi-Fi室内定位技术**

Wi-Fi定位技术有两种，一种是通过移动设备和三个无线网络接入点的无线信号强度，通过差 分算法，来比较精准地对人和车辆的进行三角定位。另一种是事先记录巨量的确定位置点的信 号强度，通过用新加入的设备的信号强度对比拥有巨量数据的数据库，来确定位置。

Wi-Fi定位可以在广泛的应用领域内实现复杂的大范围定位、监测和追踪任务，总精度比较 高，但是用于室内定位的精度只能达到2米左右，无法做到精准定位。由于Wi-Fi路由器和移 动终端的普及，使得定位系统可以与其他客户共享网络，硬件成本很低，而且Wi-Fi的定位系 统可以降低了射频(RF)干扰可能性。 Wi-Fi定位适用于对人或者车的定位导航，可以于医疗机构、主题公园、工厂、商场等各种需 要定位导航的场合。

1. **蓝牙定位技术**

蓝牙技术通过测量信号强度进行定位。这是一种短距离低功耗的无线传输技术，在室内安装适 当的蓝牙局域网接入点，把网络配置成基于多用户的基础网络连接模式，并保证蓝牙局域网接 入点始终是这个微微网(piconet)的主设备，就可以获得用户的位置信息。 蓝牙技术主要应用于小范围定位，例如单层大厅或仓库。蓝牙室内定位技术最大的优点是设备 体积小、易于集成在PDA、PC 以及手机中，因此很容易推广普及。理论上，对于持有集成了 蓝牙功能移动终端设备的用户，只要设备的蓝牙功能开启，蓝牙室内定位系统就能够对其进行 位置判断。采用该技术作室内短距离定位时容易发现设备且信号传输不受视距的影响。根据不 同公司使用的技术手段或算法不同，精度可保持在3 m~15 m。

1. **GPS及北斗卫星等定位技术**

北斗卫星定位是中国自主研发的，利用地球同步卫星为用户提供全天候、区域性的卫星定位系 统。它能快速确定目标或者用户所处地理位置，向用户及主管部门提供导航信息。 北斗卫星导航系统在2008年的汶川地震抗震救灾中发挥了重要作用。在当地通信设施严重受 损的情况下，通过北斗卫星系统实现各点位各部门之间的联络，精确判定各路救灾部队的位 置，以便根据灾情及时下达新的救援任务。 现阶段北斗卫星应用于民事的比较少，而市面上也可以看到有北斗手机和北斗汽车导航。

1. **ZigBee室内定位技术**

该项技术是通过若干个待定位的盲节点和一个已知位置的参考节点与网关之间形成组网，每个 微小的盲节点之间相互协调通信以实现全部定位。 ZigBee是一种新兴的短距离、低速率无线网络技术，这些传感器只需要很少的能量，以接力 的方式通过无线电波将数据从一个节点传到另一个节点，作为一个低功耗和低成本的通信系 统，ZigBee的工作效率非常高。但ZigBee的信号传输受多径效应和移动的影响都很大，而且 定位精度取决于信道物理品质、信号源密度、环境和算法的准确性，造成定位软件的成本较 高，提高空间还很大。 ZigBee室内定位已经被很多大型的工厂和车间作为人员在岗管理系统所采用。

1. **地磁定位技术**

地球可视为一个磁偶极，其中一极位在地理北极附近，另一极位在地理南极附近。地磁场包括 基本磁场和变化磁场两个部分。基本磁场是地磁场的主要部分，起源于地球内部，比较稳定，属于静磁场部分。变化磁场包括地磁场的各种短期变化，主要起源于地球内部，相对比较微 弱。现代建筑的钢筋混凝土结构会在局部范围内对地磁产生扰乱，指南针可能也会因此受到影响。 原则上来说，非均匀的磁场环境会因其路径不同产生不同的磁场观测结果。而这种被称为 IndoorAtlas的定位技术，正是利用地磁在室内的这种变化进行室内导航，并且导航精度已经可 以达到 0.1 米到 2 米。不过使用这种技术进行导航的过程还是稍显麻烦。你需要先将室内楼层平面图上传到 Indoor Atlas 提供的地图云中，然后你需要使用其移动客户端实地记录目标地点不同方位的地磁场。记录的地磁数据都会被客户端上传至云端，这样其它人才能利用已记录过的地磁进行精确室内导航。

百度于2014年战略投资了地磁定位技术开发商IndoorAtlas，并于2015年6月宣布在自己的地 图应用中使用其地磁定位技术，将该技术与Wi-Fi热点地图、惯性导航技术联合使用。精度高, 宣传商业应用中，可以达到米级定位标准，但磁信号容易受到环境中不断变化的电、磁信号源 干扰，定位结果不稳定，精度会受影响。

## 创新点与项目特色：

现在无线电定位技术已经得到了很广泛的应用，但是无线电定位技术对于某些小距离、小范围的定位显得有些大材小用，换句话说就是有些浪费成本。超声波传输距离远，传输速度相对于无线电小的多，对于处理器的速度要求及处理精度并不是很高，需要运算的数据量远小于无线电波，运算的速度要求也小于处理器去处理光电信号的速度要求，所以在小空间、小范围的定位中，超声波定位具有很大的优势，可以大幅节省硬件成本，减少CPU的运算工作量，对于智能家居等类似的行业具有很好的开发前景。

该项目是用电磁波与声波结合的方式实现空间位置的测量，在小范围内（20mX20mX20m）能够实现精度较高的空间位置测量。

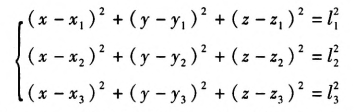
由于电磁波在空气中的传播速度约为光速，如果直接利用电磁波到达接收器的三个不同测量点的时间来确定到测量点的距离的话会对时间测量的工具要求十分高，且测量时序不好实现但在小范围内利用超声波来作为距离测量会容易的多，且用电磁波作为时间基准将在小范围内的定位精度较好。

由于利用超声波进行距离的测量，对设备要求较低，我们采用STM32F1系列单片机作为处理器，用超声波发射和接受头作为发射和接受装置，用NRF24L01作为电磁波发射和数据传输器。由于采用常用的电子元件，一套空间定位仪的成本也是十分的低，更利于推广。

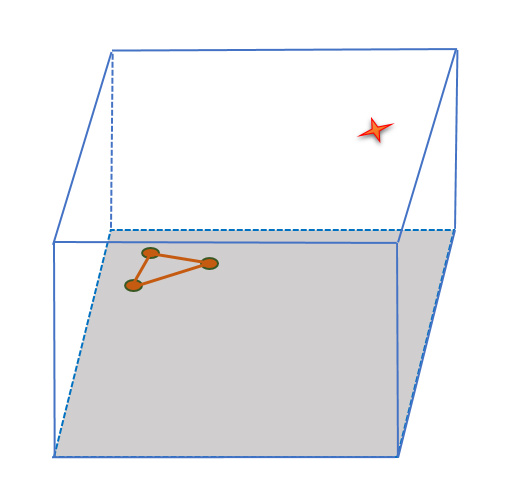
## 技术路线、拟解决的问题：

空间定位仪使用STM32F1系列32位单片机作为数据处理器，接收器用三个超声波接受器位于一个等腰三角形的三个角用于接收发送器发送的超声波信号。NRF24L01用于计时信号的发送和不同接收器之间的数据传输。

如果对移动物体M进行定位，则需建立如图所示的直角坐标系，并在该空间的上方设置3个超声波接收装置，并以超声波接收装置几何中心为原点建立空间直角坐标系，接收idan作标分别为：C1(x1,y1,z1)、C2(x2,y2,z2)、C3(x3,y3,z3)。如果能测量出移动物体M到3个接收点的距离l1,l2,l3，则移动物体M的坐标(x，y，z)与其之间的函数关系可由下式表示：



式中：x,y,z为移动物体M的坐标；l1,l2,l3为移动物体M到三个接收点的距离；(x1,y1,z1)、(x2,y2,z2)、(x3,y3,z3)分别为三个超声波接收点在空间坐标系中的坐标值。移动物体M的位置在不断变化，l1,l2,l3值也在不断变化，其坐标值(x,y,z)也在不断更新，从而实现了对目标的定位跟踪。示意图如下：



**目前的主要问题有**：

超声波接收调制电路的灵敏性虽然能够达到要求，但准确度却不高，在排查原因后发现是接收芯片的外部参数配置不对，但我们所用的芯片资料较少，应用于超声波检测方面的资料则更加难找，目前这个问题还待解决。

发射器发射信号的时序设计，发射器发射信号的角度的大小测量及扩大，以便扩大测量范围；接收端的位置设定，以保证最好的测量效果；测量出数据后的空间建模分。

**预期成果：**

研制出一套在小范围内能够较精准测定物品空间位置的且能够在图像中实时显示位置的空间定位仪。在完成基础部分的情况下对多个定位仪的互联，达到大范围的空间定位效果

参考文献

[1] 李昌禄,苏寒松.超声波定位系统的研究[J].实验室研究与探索,2013,32(2).

[2] 马龙,陈玉林.超声波多点定位[J].物理实验,2011,31(3).

[3] 李昌禄,崔津浩.基于超声波差分算法的空间定位仪系统的研究[J].实验室科学,2015,18(2).

[4] 孔明,韩欢欢,郭天太.粒子群算法在超声三维坐标测量中的应用[J].中国计量学院报,2015,26(1).