

大学生创新训练项目申请书

项目编号 s201910536034

项目名称 基于局域网的可穿戴室内定位系统研制

项目负责人 廖振华 联系电话 18573905840

所在学院 物理与电子科学学院

学 号 201755110215 专业班级 电科 1702

指导教师 谢海情

E - m a i l xiehq@csust.edu.cn

申请日期 2019 年 5 月

起止年月 2019 年 5 月-2021 年 5 月

长沙理工大学

填 写 说 明

1、本申请书所列各项内容均须实事求是，认真填写，表达明确严谨，简明扼要

2、申请人可以是个人，也可为创新团队，首页只填负责人。“项目编号”一栏不填。

3、本申请书为大 16 开本（A4），左侧装订成册。可网上下载、自行复印或加页，但格式、内容、大小均须与原件一致。

4、负责人所在学院认真审核，经初评和答辩，签署意见后，将申请书（一式两份）报送xxxx大学项目管理办公室。

一、基本情况

项目名称	基于局域网的可穿戴室内定位系统研制						
所属学科	学科一级门:	工学			学科二级类:	电子信息类	
申请金额	2.0 万元		起止年月	2019 年 05 月至 2021 年 05 月			
负责人姓名	廖振华	性别	男	民族	汉族	出生年月	1999 年 12 月
学号	201755110215	联系电话	宅:		手机:18573905840		
指导教师	谢海情	联系电话	宅:		手机:15367910903		
负责人曾经参与科研的情况	<p>1、基于 89C51，设计简易频率扫频仪；</p> <p>2、基于 stm32，设计单 5V 电源高增益高带宽程控放大器；</p> <p>3、基于单片机控制的按压发电智能家居控制系统设计；</p> <p>4、参加“物电杯”电子设计大赛、互联网+等比赛，有较好的电子设计经验。</p>						
指导教师承担科研课题情况	<p>主要研究方向为微光电子器件与系统集成、专用集成电路设计。</p> <p>曾指导研究生参加湖南省研究生电子设计大赛荣获三等奖，指导学生参加全国集成电路设计大赛荣获三等奖，指导大学生创新实验计划项目 2 项，已顺利结题并分别获得国家使用新型专利 1 项。先后主持国家自然科学基金 1 项 (No. 61404011)，湖南省自然科学基金项目 1 项 (No. 2015JJ3001)，湖南省教育厅优秀青年项目 (No. 17B007)，其他省部级项目 2 项。参与国家级和省部级科研项目多项。发表 SCI、EI 收录论文 20 余篇，获得国家发明专利 1 项，出版学术专著 1 部。</p>						
指导教师对本项目的支持情况	<p>1、指导项目组成员制定合理可行的研究计划；</p> <p>2、监督项目组成员按计划要求开展项目研究工作，并管理经费使用；</p> <p>3、定期召开项目组讨论会，指导学生解决研究过程中遇到的问题。</p>						

	姓名	学号	专业班级	所在学院	项目中的分工
项目组主要成员	曾舸峰	201755110221	电子科学与技术	物理与电子科学学院	系统前端设计与测试
	蒋璜	201755110204	电子科学与技术	物理与电子科学学院	无线局域网组网与数据处理
	胡心颖	201755110209	电子科学与技术	物理与电子科学学院	系统性能测试
	周晓华	201756110304	电子信息科学与技术	物理与电子科学学院	测试环境搭建

二、 立项依据（可加页）

（一）项目简介

随着社会的进步、人们生活水平的提高，定位技术已广泛应用于人们的生活与工作中。GPS 定位技术，以其性能稳定、低成本、精度高等优点，已被人们广泛使用。但在室内的复杂环境下，GPS 信号弱，无法利用现有的 GPS 技术进行准确定位。

本项目针对室内小孩老人走失，室内发生火灾、地震时的紧急救援等突发情况，基于局域网技术，研制一款价格适中且精度较高的室内定位系统，并实现心率实时监测功能，满足室内定位与导航，具有重要应用价值。

（二）研究目的

1、本项目通过采用 MTK2503 芯片设计可穿戴设备，完成位置信息和心率信息采集；采用 ESP8266 模块设计 AP 热点组建局域网，实现数据传输；综合历史寻迹（剔除奇异采集数据）、局域划分以及加权概率处理等算法，对指纹法进行优化，提高定位精度；通过手机 APP 实现位置信息和心率信息的实时监控，并实现导航功能，最终完成整个可穿戴室内定位系统的研制。

2、该定位系统实现以下性能指标：（1）定位精度小于 2 米，心率实时测量误差小于 10%；（2）无线局域组网覆盖范围大于 100 米；（3）数据传输速度大于 100kbit/s；数据传输误码率小于 10^{-5} ；并具有心率监测与报警功能。

（三）研究内容

1、体系结构研究

分析研究相关可穿戴监测系统的关键技术问题，在此基础上，分别设计基于心率检测类、室内定位类两种应用场景，提出一种基于传感器技术、低功耗局域网技术、嵌入式软件与系统、服务器技术的可穿戴室内定位系统的总体架构。将整个系统划分为数据采集前端、数据传输处理和终端数据分析与监控三部分，实现集数据采集、传输、分析、汇总和反馈的室内定位的全方位服务平台。

2、基于位置信息与脉搏信号采集的可穿戴设备研究

设计一款可穿戴设备，集成位置信息采集和光电透射脉搏信号采集功能。该设备主要分为光电传感器模块、信号调理模块、Wi-Fi/蓝牙通信模块和电源模块四个部分。硬件主要进行对脉搏传感器、低功耗 Wi-Fi/蓝牙芯片选型和相关模块的电路设计。软件部分完成基于低功耗 Wi-Fi/蓝牙芯片的脉搏信号采集器固件设计，完成脉搏信号的获取、处理以及与用户移动终端数据传输的功能。

3、基于无线局域网技术的数据传输网络研究

通过分析比较目前常用的几种短距离无线传输技术，采用无线局域网技术构建可穿戴数据传输网络。同时研究了无线电信号传输模型及其网络拓扑结构，确保在信道干扰较大的情况下，仍然精确传输数据；在有限频带时，尽可能容纳多的用户数量。最后，基于 Wi-Fi/蓝牙芯片，构建了一个可穿戴数据传输网络。

4、基于 Android 系统的位置信息与心率监测 APP 研究

设计基于 Android 系统的位置信息监测与心率监测的系统软件 APP，采用协议栈实现基于局域网技术的数据传输、固件在线升级等功能，并实现数据服务器上传功能。通过测量局域网多个节点信号强度，根据信号衰减模型，测得大致距离，再根据三圆相交的原理算出具体位置。通过增加多重算法加权定位，提高定位精度。在精确定位的基础上，实现自动包含当前位置的地图信息的导航功能。

（四）国、内外研究现状和发展动态

在室内定位中，早期的室内定位方法大多采用特定的硬件设备，如红外^[1]、超声波^[2]、超宽带（UWB）、RFID 和无线传感器等技术，实现都依赖于部署专用的硬件设备（不仅需要预先在定位区域中部署，还需要用户佩戴定位终端），然这种

定位方法有很高的定位精度，但是它设备费用昂贵。自 802.11 标准制定以来，无线局域网（Wireless Local Area Networks, WLAN）逐渐成为用户接入互联网的主流方式，WLAN 热点在室内环境得到广泛部署。相对于基于其他介质的定位技术，基于 WLAN 室内定位技术具有架设成本低、高速率传输、用户接入方便等优势而受到广泛关注，其主要方法是根据测量来自接入点（Access Point, AP）的接收功率并应用相应信号检测算法进行优化定位，不需要额外的专用设备，这种方法称为基于终端接收信号强度（Received Signal Strength, RSS）的室内定位技术。随着无线路由器的普及，基于 WiFi 的定位技术逐渐成为室内定位技术的主流。

室内定位技术的起步晚于室外定位，室内环境的复杂性使得室内定位面临着许多的难点，到目前为止室内定位技术还在不断的发展中。2002 年, Roobs 采用了建立指纹库的方法，提出了一种基于 WLNA 的室内定位的概率处理方法^[3]，在定位时使用贝叶斯函数计算出可能性最大的位置。其次在 2002，attiti 等人提出采用人工神经网络构建指纹空间的方法^[4]。2005 年，Brunato 等人将基于支持向量回归的方法引入到室内定位中^[5]，取得了较高的定位精度。2007 年 Kushki 等人提出利用核函数对 RSS 进行采样用以构建指纹空间的方法^[6]。

在最近几年中，室内定位处理方法得到快速发展。2012 年，Vinod Kum Jain 等人提出一种分布式的位置指纹室内定位算法^[7]，算法利用输入信号和输出位置对指纹空间进行划分，每个划分空间利用输入信号和输出位置来学习 RSS 指纹和它们之间关联子空间中的位置。Valentin Radu 等人在 2013 年提出基于 WLNA 的室内自动监控系统^[8]，系统集成了行人航迹推算和指纹定位两种定位算法。

2014 年，Philipp Muller 等人提出基于参数模型的定位方法^[9]来解决匹配阶段的 KNN 算法和 WKNN 算法难以用到大型定位区域的问题。Mir Yasir Umair 在 2014 年提出了应用在 WLNA 室内的一种改进的 KNN 算法^[10]，改进的算法不是考虑距离目标固定的最近邻指纹数量，而是使用了一种自适应算法选择最优的最近邻指纹数量。2013 年，信息工程大学谢代军等人针对无线信号时变性导致位置指纹定位算法定位精度较低的问题，提出了一种基于分布重叠和特征加权的最大指纹相似度定位算法^[11]。2018 年，北京邮电大学张凯楠等人针对低功耗蓝牙协议和室内条件下位置指纹定位方法^[12]，设计和实现了低功耗蓝牙的无线局域网组网，基于 RSS 位置指纹的室内定位系统，在卡尔曼滤波和粒子滤波的指纹定位的基础上，

提出了范围指纹匹配定位法的指纹定位。

对于心率测量，随着人们生活水平的提高，越来越多的人开始关注自身的健康，能够监测身体健康的可穿戴产品应运而生。目前，常见的心率按照原理分为光电透射（或光电式）测量法、谐振式（或振动式）测量法和从心电信号中提取。光电式法是基于光电容积图（PPG）技术，分为透射式和反射式。透射式一般通过血氧含量测定心率。原理上来说就是与皮肤接触的光电式心率传感器会发出一束光打在皮肤上，因为血液对特定波长的光有吸收作用，每次心脏泵血时，该波长都会被大量吸收，通过测量反射/透射的光，可以确定每次心跳的波动，将波动信号通过接口发送至中央处理器计算，从而得出心率。不过该类传感器耗电量大，同时受环境光的干扰测量结果误差较大^[13]。

目前像苹果、小米等市面上的智能手环或手表监测心率的功能多是采用了光电透射测量法。从 Apple Watch 背面可清晰的看到有 LED 灯，其作用就是发出光照射在皮肤上来测量反射/投射的光以计算出心率值^[14]。还有一种方法是测心电信号，传感器可以通过测量心肌收缩所产生的电信号的变化，以此模拟出心机收缩的模拟信号，原理和心电图类似原理。因为其电路设计比较复杂，而且占 PCB 空间比较大，易受电磁干扰，同时传感器必须紧贴皮肤，限制了测试者的活动，所以手环通常不采用这种测量方式。

除此之外，还有振动式测量，其原理是通过精度较高的传感器贴在测试者皮肤上捕捉因为心跳所引起的身体震动，再经过信号放大、滤波等处理就可以得到心跳，一般来说，智能坐垫或智能按摩器一类的产品多会采用这种测量方法，其缺点与测心电信号的传感器较为类似，也是限制了测试者的活动，因此可穿戴设备中比较少见。

参考文献

- [1]Want R, Hopper A, Falcao V, et al. The active badge location system[J]. ACM Transactions on Information Systems(TOIS), 1992, 10(1): 91-102.
- [2]P. Bahl and V. Padmanabhan, "RADAR: An in-building RF-based user location and trackingsystem",2002, pp. 775-784
- [3]Roos T, Myllymaki P, Tirri H, et al. A probabilistic approach to WLAN use locationestimation[J]. International Journal of Wireless Information Networks, 2002, 9(3): 155-164
- [4] Battiti R, Nhat T L, Villani A. Location-aware Computing: A Neural Network Model

for Determining Location in Wireless LANs[R]. Technical Report DIT-02-0083, University of Trento, 2002.

[5] Brunato M, Battiti R. Statistical Learning Theory for Location Fingerprinting in Wireless LANs[J]. Computer Networks. 2005, (47): 825–845.

[6] Kushki A, Plataniotis K, Venetsanopoulos A. Kernel-based Positioning in Wireless Local Area Networks[J]. IEEE Transactions on Mobile Computing. 2007, 6(6): 9-705.

[7] Shin B, Lee J H, Lee T, et al. Enhanced weighted K-nearest neighbor algorithm for indoor Wi-Fi positioning systems[C]. //Computing Technology and Information Management (ICCM), 2012 8th International Conference on.IEEE, 2012:574 - 577.

[8] Radu V, Kriara L, Marina M K. Pazl: A mobile crowdsensing based indoor Wi Fi monitoring system[C]. //Network and Service Management (CNSM), 2013 9th International Conference on.IEEE, 2013:75 - 83.

[9] Shin B, Lee J H, Lee T, et al. Enhanced weighted K-nearest neighbor algorithm for indoor Wi-Fi positioning systems[C]. //Computing Technology and Information Management (ICCM), 2012 8th International Conference on.IEEE, 2012:574 - 577.

[10] Müller P, Raitoharju M, Piché R, et al. A field test of parametric WLAN-fingerprint-positioning methods[J]. Information Fusion (FUSION), 2014 17th International Conference on, 2014:1 - 8.

[11]谢代军. 无线局域网室内定位技术研究[D]. 中国人民解放军信息工程大学, 2013.

[12]张凯楠. 低功耗蓝牙组网和定位技术研究[D].北京邮电大学,2018.

[13] 吕智鹏,石紫茹,王君瑞.关于心率传感器在可穿戴设备上的实际应用[J].中国新通信,2018,20(17):232.

[14] Toshiyo Tamura, Yuka Maeda, Masaki Sekine and Masaki Yoshida, “Wearable Photoplethysmographic Sensors—Past and Present,” Electronics 2014, 3, 282-302; doi:10.3390/electronics3020282

（五）创新点与项目特色

1、采用基于无线局域网的室内定位技术，并综合历史寻迹（剔除奇异采集数据）、局域划分以及加权概率处理等算法，对指纹法进行优化，提高定位精度。

2、该系统的心率检测功能既可以检测身体健康状况，随时监测老人、小孩生理特征；又可了解自己的运动是否有效，是否能够达到健身的目的；还可在事件突发情况下，通过心率可以了解到受害者慌张程度以及处境危险程度以便及时安排救援与疏导。

(六) 技术路线、拟解决的问题及预期成果

1、技术路线

该定位系统的结构示意图和结构框图分别如图 1、图 2 所示。将系统分为三个模块：局域网的可穿戴室内定位系统的前端模块、终端模块、数据传输处理模块三个主要部分。

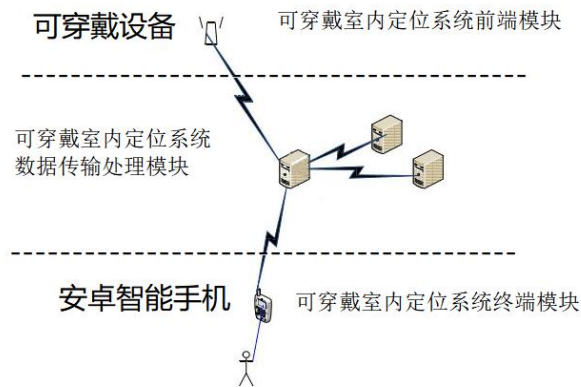


图 1 系统结构示意图

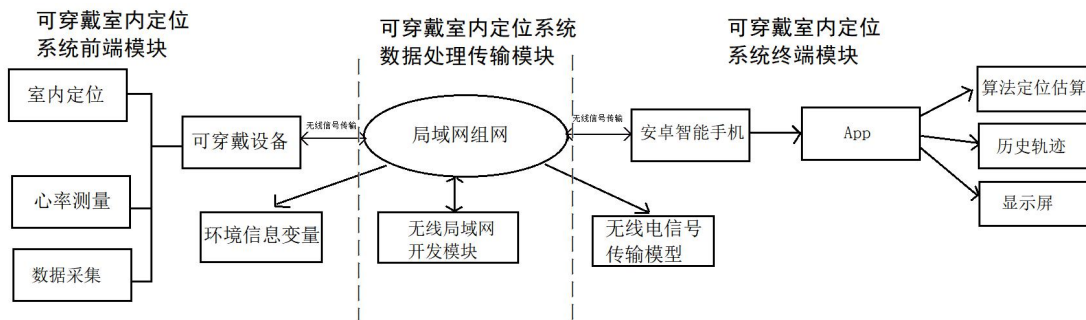


图 2 系统结构框图

(1) 前端模块

前端模块包括两个子模块：室内定位模块和心率检测模块。对于室内定位，选用 MTK2503 为核心处理器，搭建前端系统。通过局域网，经数据传输处理，完成与终端的信息交换。对于心率测量，使用基于光电容积脉搏波（PPG）原理的心率传感器来实现对心率信息的采集。光电式法是基于光电容积图（PPG）技术，分为透射式和反射式，使用方法如图 3。透射式一般通过血氧含量测定心率。原理上来说就是与皮肤接触的光电式心率传感器会发出一束光打在皮肤上，因为血液对特定波长的光有吸收作用，每次心脏泵血时，该波长都会被大量吸收，通过测量反射/透射的光，可以确定每次心跳的波动，将波动信号通过接口发送至中央处理

器计算，从而得出心率。心率检测子模块的总体硬件框图如图 4 所示，主要由光电传感器、信号调理模块、电源模块和 Wi-Fi/蓝牙传输模块四个部分组成。其中光电传感器负责采集人体脉搏信号，信号处理模块负责对采集回来的信号进行放大、滤波和整形，Wi-Fi/蓝牙传输模块则负责对脉冲信号进行处理、存储和转发。

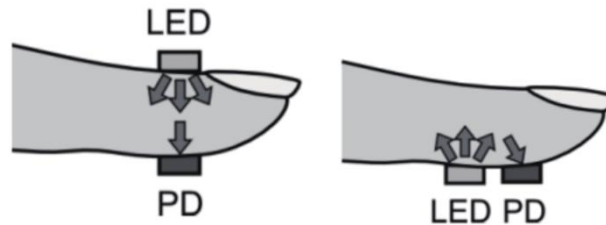


图 3 透射和反射模式的 PPG

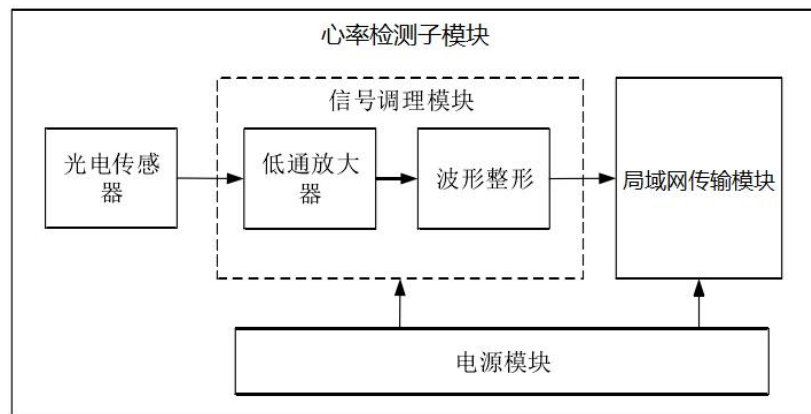


图 4 心率子模块框图

(2) 数据传输处理模块

系统的数据处理传输模块主要包括对无线局域网的搭建，为前端与终端搭建通信桥梁，同时分析构建出无线电信号传输模型，减少多径效应对信号的干扰。无线局域网由多个热点（AP）组成。为了实现高精度定位，本项目实现定位方法主要采用已构建指纹空间的方法，并结合历史寻迹、局域划分等方法来提高定位精度。

基于 WLAN 信号指纹的定位技术，可在复杂的室内环境所产生独特的信号分布地图。在室内的多个 AP 同时向外发送无线电磁信号时，由于信号的多径效应，信号会根据室内环境产生各种反射、折射、绕射和衍射等效果，从而在室内各个位置产生一种独有的信号分布规律，人们把这种信号的分布规律称为“特征指纹”。基于 WLAN 信号指纹的定位技术就是要预先建立这种“特征指纹”的数据库，将其

与实际的室内位置坐标相绑定，当我们在进行实际的定位操作时，所采集的信号一定就是数据库中的某一条“指纹特征”，通过对数据库记录进行匹配来查找出这条相应的“指纹特征”并进而得到与其向绑定的坐标位置，该坐标位置就是我们所需要的定位结果。

该定位技术可分为两步：信号指纹数据库的离线建立和在线定位时的数据库匹配。在信号指纹数据库的离线建立阶段，需要在定位的室内范围内均匀的选择一系列的信号采样点，在每个采样点采集可以感知到的多个 AP 的 BSSID 和信号强度 RSSI 样本值，在服务器后台进行滤波等处理后与采样点的位置坐标一起存入到信号指纹数据库。在在线定位时的数据库匹配阶段，用户的移动终端会采集用户所在位置的所有可感知 AP 的信号强度，由于室内的信号指纹特征一般是固定不变的，所以这些采集到的信息肯定可以和指纹数据库的某条数据相匹配，我们将采集到的数据上传到后台服务器。定位服务器接收数据以后，进行历史寻迹和加权概率等处理，根据历史数据并结合当前状态来预测下一个状态可能发生的信号数据值，将处理结果与指纹数据库进行匹配，找出一条或者多条符合其“指纹特征”记录，通过相应的筛选算法来找出最优的估计记录，这条记录所绑定的坐标位置就是我们最终的定位结果。

(3) 终端模块

终端模块主体是一个 APP，采用 JAVA 语言设计，能够实现位置信息的计算，得到手机端的位置信息和可穿戴设备端的位置信息，心率信息等，其工作流程如图 5 所示。

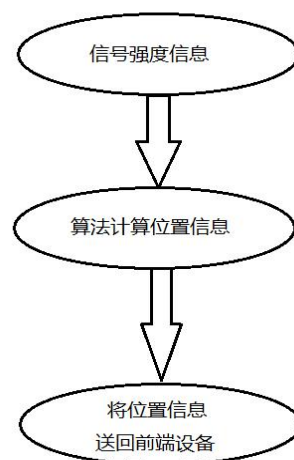


图 5 手机 APP 工作流程图

该 APP 的主要功能是显示当前使用者所在建筑物内部的地图以及计算手机的位置信息和可穿戴设备的位置信息。将接收到的由可穿戴设备发送到局域网的信号强度信息后，经过算法、信号衰减模型，测得可穿戴设备的具体位置。同理再通过测量自身与局域网多个节点的信号强度，计算出自己的位置，最后再由三圆相交原理算出精确的位置。

2、拟解决的问题

(1) 定位方式选择：在室内大环境下我们需保证定位精度小于 2 米。然而在室内复杂的环境中，由于多径传播即移动终端周围各种物体和各种反射以及小尺度衰落的影响，采用指纹定位法时，数据的采样值有较大的偏差，从而导致定位精度不足。

(2) 实时显示当前位置：由于定位需要进行大量计算，从而不能保证位置的实时显示。另外，数据的传输也会存在延时，从而影响系统的实时性。因此，如何通过优化算法，减小运算量，提高数据传输的速度，降低误差率，实现系统实时显示的关键。

3、预期成果

(1) 完成可穿戴室内定位系统的研制，实现以下性能指标：①定位精度小于 2 米，心率实时测量误差小于 10%；②无线局域网覆盖范围大于 100 米；③数据传输速度大于 100kbit/s；数据传输误码率小于 10^{-5} ；④在安卓手机上实现实时显示。

(2) 申请国家专利 1 项。

(3) 发表科研论文 1 篇。

(七) 项目研究进度安排

2019 年 5 月-2020 年 5 月

(1) 收集资料，制定方案，完成团队分工；项目的前期工作需要收集大量的资料，通过知网、书籍、外文等资料对本项目的发展趋势、现阶段研究问题进行深入学习，为后续工作的顺利进行做准备。

(2) 完成模块原理图绘制，并采购电子元器件完成电路系统的搭建。提出数据传输与终端 APP 的系统方案。

(3) 完成无线局域网设备的组建，穿戴设备前端电路搭建以及终端服务器

搭建，并完成各部分电路的焊接和调试。申请国家专利 1 项。

2020 年 6 月-2021 年 5 月

(1) 完成 APP 软件的编写和测试，能够在 APP 上显示实时手机的位置，并且能够显示可穿戴设备的位置。在手机上能够显示可穿戴设备的参数包括位置，心率等信息。

(2) 完成整个系统调试与优化，测试定位精度是否达到要求。

(3) 总结项目成果，撰写科研论文和总结报告。对比现阶段室内定位系统产品，详细叙述出本项目在创作中实现的性能指标以及优缺点。根据市场需求，制定相应的后续改进计划。

(八) 已有基础

1、与本项目有关的研究积累和已取得的成绩

(1) 组内成员均接受过专业技能培训，完成花样流水灯、按键电子琴、基于 AD603 的程控放大器、单/双电源高增益带宽放大器、正负 5V 线性稳压源设计，参加过各类仪器仪表设计等项目。

(2) 对 PCB 板焊接、PCB 板制作以及常用实验仪器设备如示波器、扫频仪、信号源等使用十分熟悉。且长期在实验室学习，有过一些芯片的使用经验。比较熟练掌握常用软件如 Keil、Altium Designer、Multisim、FLYMCU、Proteus 等。

2、已具备的条件，尚缺少的条件及解决方法

(1) 团队内成员已基本熟悉掌握了项目的工作流程，对项目的开发有着一定的经验。团队内成员已查阅了大量的文献资料，对室内定位系统的发展背景以及国内外研究现状有充分的了解，为项目研究工作的正常进行提供了有力保障。

(2) 具有一定的科技制作经验，有着扎实的专业基础能力和丰富的实践经验。团队成员具备创新精神和科研精神，经过努力，我们相信会在此项目上取得良好的成绩。

(3) 采用 JAVA 开发 APP 软件存在一定的困难，需要花费一定的时间来学习 JAVA 语言。

三、 经费预算

开支科目	预算经费 (元)	主要用途	阶段下达经费计划(元)	
			前半阶段	后半阶段
预算经费总额	20000		11500	8500
1. 业务费				
(1) 计算、分析、测试费				
(2) 能源动力费				
(3) 会议、差旅费	3000	参加学术会议的注册费、差旅费以及调研差旅等	2000	1000
(4) 文献检索费	5500	专利申请费与年费、文献检索费等	4500	1000
(5) 论文出版费	2500	发表学术论文版面费	0	2500
2. 仪器设备购置费				
3. 实验装置试制费				
4. 材料费	9000	电脑升级, 穿戴设备开发平台, 电子元器件等	5000	4000
学校批准经费	20000			

四、 指导教师意见

<p>导师(签章):</p> <p>年 月 日</p>

五、 院系大学生创新创业训练计划专家组意见

专家组组长（签章）：
年 月 日

六、 学校大学生创新创业训练计划专家组意见

负责人（签章）：
年 月 日

七、 大学生创新创业训练计划领导小组审批意见

负责人（签章）：
年 月 日