西 南 交 通 大 学

本科毕业设计（论文）

基于Beacon的室内定位系统设计与实现

年 级： 2014 级

学 号： 2014112252

姓 名： 杨 玉 川

专 业： 物联网工程

指导教师： 何 滨

二零一八年六月

院系 信息科学与技术学院 专 业 物联网工程

年级 2014级 姓 名 杨玉川

题目 基于Beacon的室内定位系统设计与实现

指导教师

评 语

指导教师 (签章)

评 阅 人

评 语

评 阅 人 (签章)

成 绩

答辩委员会主任 (签章)

年 月 日

**毕业设计（论文）任务书**

班 级 物联网2014-01班 学生姓名 杨 玉 川 学 号 2014112252

发题日期：2017年12月5日 完成日期：2018年6月 3日

题 目 基于Beacon的室内定位系统设计与实现

1、本论文的目的、意义

人们平均80-90%的时间在室内，70%的移动电话使用和80%的数据连接使用来自室内。室内定位是移动位置服务的最后一米。人们对位置服务的需求从室外转向室内，如何为用户提供精确的室内位置服务成为近年来的研究热点，室内定位技术的主要应用领域包括:室内精准导航、大数据分析、个性化营销、社交网络等。

基于Beacon的定位，主要是使用移动端的蓝牙设备，接受Beacon信号，根据RSSI进行测距定位。由于室内实际环境中低功耗蓝牙(BLE)接收信号强度指示(RSSI)信号易受折射、多径、障碍物、散射等不稳定因素的影响，测距误差较大，

这对这些问题，研究相应的处理方式，构建定位系统具有实际的使用价值。

2、学生应完成的任务

学习Android系统开发，蓝牙设备的操作。根据RSSI室内测距模型 ，研究不同的提高测距精度的方法，利用Beacon设计并实现一个室内定位的演示系统。

3、本论文与本专业的培养目标达成度如何？（如在知识结构、能力结构、素质结构等方面有哪些有效的训练。）

本论文支撑本专业以下毕业要求的达成：

（1）具有通过文献研究分析复杂工程问题的能力（指标点2.3）；

（2）能够在设计环节中体现创新意识，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素（指标点3.3）；

（3）具备基于科学原理并采用科学方法对复杂工程问题进行研究的能力（指标点4.3）；

（4）能够理解和评价针对复杂工程问题的工程实践对环境的影响（指标点7.2）；

（5）具备良好的口头表达能力和人际交往能力，能够就复杂工程问题与业界同行及社会公众进行有效沟通（指标点10.1）；

（6）具有书面表达与沟通能力、科技论文与技术报告写作能力，能够撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令（指标点10.2）。

4、论文各部分内容及时间分配：（共17周）

第一部分 查阅相关文献资料，完成所需开发工具与平台的准备工作 (2 周)

第二部分 软件目标及功能需求分析 (2 周)

第三部分 软件分析与设计 (3周)

第四部分 程序编写、调试、测试、优化与运行 (5周)

第五部分 论文撰写、修改、打印与装订 (4 周)

评阅及答辩 论文审订、评阅，演示程序准备、演示讲稿准备，答辩 (1周)

备 注 按规定提交论文、外文翻译、源程序、安装程序及使用说明、设计文档、答辩相关资料，毕业设计光盘（含前述电子版内容，确保可读）

指导教师： 年 月 日

审 批 人： 年 月 日

摘 要

Abstract

目 录

[第1章 绪 论 1](#_Toc513624080)

[1.1背景与意义 1](#_Toc513624081)

[1.2国内外发展应用现状 1](#_Toc513624082)

[1.3论文主要研究内容 3](#_Toc513624083)

[1.4论文章节安排 4](#_Toc513624084)

[第2章 室内无线定位技术 6](#_Toc513624085)

[2.1 室内定位技术概述 6](#_Toc513624086)

[2.1.1 惯性传感器定位技术 6](#_Toc513624087)

[2.1.2 WiFi定位技术 7](#_Toc513624088)

[2.1.3 Zigbee定位技术 8](#_Toc513624089)

[2.1.4 超声波定位技术 8](#_Toc513624090)

[2.1.5 室内GPS定位技术 9](#_Toc513624091)

[2.1.6 RFID定位技术 9](#_Toc513624092)

[2.1.6 LED定位技术 9](#_Toc513624093)

[2.1.7 UWB定位技术 9](#_Toc513624094)

[2.1.8 磁场定位技术 10](#_Toc513624095)

[2.1.9 蓝牙定位技术 10](#_Toc513624096)

[2.2典型室内定位算法介绍 11](#_Toc513624097)

[2.2.1 基于测距的定位算法原理 11](#_Toc513624098)

[2.2.2 基于测距的定位算法 12](#_Toc513624099)

[2.2.2 基于到达角的定位算法 13](#_Toc513624100)

[2.2.3 基于到达时间的定位算法 13](#_Toc513624101)

[2.2.1低功耗蓝牙协议体系 13](#_Toc513624102)

[3.1.2低功耗蓝牙与传统蓝牙区别 13](#_Toc513624103)

[3.1.3 BrightBeacon的室内定位解决方案 13](#_Toc513624104)

[3.2 低功耗蓝牙接收信号强度室内分布特征 13](#_Toc513624105)

[3.2.1距离对接收信号强度的影响 13](#_Toc513624106)

[3.2.2路径对接收信号强度的影响 13](#_Toc513624107)

[3.2.3测试设备对接收信号强度的影响 13](#_Toc513624108)

[3.3信号强度分布特征分析 13](#_Toc513624109)

[3.4基于KNN发现的定位设计与研究 13](#_Toc513624110)

[3.4.1 KNN算法说明 13](#_Toc513624111)

[3.4.2 KNN算法实现 14](#_Toc513624112)

[3.5 基于PDR的算法实现分析 14](#_Toc513624113)

[3.6基于指纹的算法实现与分析 14](#_Toc513624114)

[3.7本章总结 14](#_Toc513624115)

[第3章 系统需求分析与总体设计 15](#_Toc513624116)

[2.1室内定位技术概述 15](#_Toc513624117)

[2.2需求分析 15](#_Toc513624118)

[2.3系统总体架构设计 15](#_Toc513624119)

[2.4基于RSSI的定位技术 15](#_Toc513624120)

[2.4.1基于传播模型的定位方法 15](#_Toc513624121)

[2.4.2基于位置指纹的定位方法 15](#_Toc513624122)

[2.4.3基于PDR的定位方法 15](#_Toc513624123)

[2.4.4基于KNN发现的定位方法 15](#_Toc513624124)

[2.5本章小结 15](#_Toc513624125)

[第4章 系统实现 16](#_Toc513624126)

[第5章 系统测试与运行 17](#_Toc513624127)

[5.1系统测试环境及测试数据 17](#_Toc513624128)

[5.2系统测试与运行结果 17](#_Toc513624129)

[5.3本章小结 17](#_Toc513624130)

[结 论 18](#_Toc513624131)

[致 谢 19](#_Toc513624132)

[参考文献 20](#_Toc513624133)

第1章 绪 论

1.1背景与意义

随着无线通信技术的发展及位置服务需求的多样化，用户更加需要的是在复杂室内环境下进行定位与导航，传统的GPS定位在室外能为人们提供高精度的定位与导航服务，但是GPS信号不能够穿透建筑物进到室内，这时GPS就不能发挥其作用了。

在复杂的室内环境中，无线信号伴随着多径、折射、反射等现象，不利于终端设备接收并解析无线信号，因此需要提供某种抗干扰能力更强，接收信号更加稳定的设备来代替GPS信号应用于室内场景中。目前，已经应用于室内定位的技术有射频识别、WIFI技术、蓝牙定位、红外线定位技术、ZigBee技术、超声波技术、超宽带技术等，其原理的主要算法分为基于测距和测距无关两类，前者主要是通过收集无线信号的角度及距离信息，利用极大似然估计、三角测量法及三边测量法进行计算，而测距无关的是利用网络的对等特性进行数据分析，主要有质心算法、Amorphous算法及DV-Hop算法等，但由于室内复杂的情况，产生的多径效应、折射和反射的影响，对其算法参数的确定都会产生极大的影响。室内定位技术的应用场景相当的广泛，例如在博物馆内，根据游客在不同的展览区域内提供不同的场景导航，以及提供基于此场景的导览、解说等服务；在大型超市内，根据消费者在不同的区域，向用户推荐相应的商品同时提供对商品的导航服务，方便消费者更加有针对性的购物，提升购物体验；在地下停车场中，室内定位技术可以对用户所停车位进行记录，在用户需要找车的时候，提供室内定位导航技术，便于用户快速找到所停车辆。

低功耗蓝牙（BLE）设备相对传统蓝牙，具备远距离、多信道、低功耗等特性，稳定传输距离在50M以上，多个模块的互联互通，能够满足大型的室内定位场景，结合现在智能手机搭载的蓝牙模块，可以提供定位场景实时化的服务。

1.2国内外发展应用现状

伴随着科技的发展与计算机软硬件技术的逐步成熟，目前国内外已经开发出了多种室内定位系统的雏形，其解决方案各异，倚重的定位技术也不同，下面对这些定位系统的发展作一个简单的介绍。

在上世纪九十年代初，AT&T剑桥实验室研发了第一代室内定位系统：基于红外线感应的Active Badge系统。该系统功耗极低且可以做到很小的体积，但由于定位过程复杂，延迟时问较长，传感器网络间需采用有线方式连接，因而适用性不高。微软公司于1998年提出了利用位置指纹技术来定位的方案，并开发出了基于RSSI的RADAR室内无线射频定位系统。RADAR系统工作于无线局域网(Wireless Local Area Networks，WLAN)中，由无线接入点(Access Point，AP)采集信号强度值，结合经验数据与衰减因子模型，利用最近邻法对移动终端进行定位。其后，华盛顿大学的Jiun．Hung Chen教授改进了RADAR系统中的定位算法，采用鲁棒性更佳的模块匹配与向量匹配方式对目标进行定位。1999年，在Active Badge系统的基础上，剑桥大学推出了改进的Active Bat系统。它利用了RFID与超声波技术，由系统控制器发出射频信号，接收器识别信号后负责发送超声波脉冲并接收测试目标反射的回波，根据发送接收的时间差测得目标距离，继而根据三角定位法等算法确定被测目标的位置。它的定位精度很高，系统可在高达95％的概率下将定位精度控制在9cm以内。但由于实现系统需布置大量超声波传感器，定位成本过高，因此难以实现推广普及。

二十一世纪初期，各高校的研究实验室在室内定位领域的苦心经营使得改良普适的定位系统层出不穷。2000年，MIT实验室研制出的Cricket系统从硬件设施着手，实现了设备的小型化与低成本化，提高了用户私密性与管理效率，但其定位精度较Active Bat略差，移动端的耗电量较高。哈佛大学则最早将无线传感器网络(Wireless Sensor Networks，WSN)引入至室内定位服务中，设计出一套非集rfl式定位系统，针对恶劣环境下节点易失效，信号易丢失的情况做出优化，展现了高鲁棒性的优势。随后的2002年加利福尼亚大学设计了将到达时问(Time ofArrival，TOA)与RSSI技术融合于WSN的Calamari系统，并优化了系统搭建时间、设备数量与功耗、节点尺寸及成本。罗格斯大学研究室在无线网络的位置估计巾引入分层贝叶斯立体模型，从大量实验数据捕获信号特性作为约束条件，根据马尔科夫链的蒙特卡洛法估计坐标的概率分布，以较高的计算复杂度为代价换取系统的定位精度。

国内在室内定位领域的研究起步比较晚，主要研究机构集巾于科研院所与各大高校。随着生活水平的提高，科技的不断进步，定位需求井喷式地增长，也进一步刺激了室内定位系统的研发。针对在室内场景下不同的定位精度需求，浙江大学设计了iNemo定位系统。它综合了房间级(10m)与办公室隔间级(1-2m)两种定位精度。通过待定位用户自身配备的节点与邻近的房间内的信标节点之问的信息交互，首先判断该用户所在房间。当用户有更精确的定位需求时，激活该房问内的信标节点，通过信息交互获取更多的RSSI信息进行精确定位。

由于在无线传感器网络环境下，短时间内多次接收的信号强度变化与环境的动态变化息息相关，因此iNemo利用这一特点，系统节点通过周期性广播获取相邻节点的信号强度，并根据强度差异以量化动态变化特性，综合得出当前环境下定位结果的置信度。iNemo系统的缺陷在于节点间需要大量的信息交互为定位提供数据支撑，从而增加了系统的计算量。实验环境下的定位结果为：准确区分房问的概率约为90％，隔问级的平均误差在1．3m左右。

香港科技大学研发的LANDMARC定位系统则是基于RFID技术原理，首先在测量区域内放置诸多活性参考标签，通过射频阅读器采样标签信息完成无线环境下数据的采集工作，根据发射点与目标点问的采样信息相较前一时刻采集数据的匹配度，估算出目标点的位置。

LANDMARC定位系统的优点显著：一、无须布置大量的RFID阅读器，降低了系统成本；二、活性标签的应用代替了人工的数据采集；三、适应环境能力强，定位精度较高。但鉴于标签的部署与室内布局密切相关，因此方案的适用性不高。此外系统需根据目标点的远近来调节发射功率，因此存在一定程度的时滞。

此外，清华大学，复旦大学等各高校在室内定位算法的设计与改进上也贡献了大量研究成果。复旦大学提出的一种基于RSSI的室内定位算法，改进了路径损耗模型，引入了距离估计误差的随机变量，通过有限次迭代可获得较高精度的定位结果。东南大学也于2004年成立了专门的无线传感器研究小组，针对MAC层协议，室内定位算法等方面都进行了深入研究。

1.3论文主要研究内容

目前的智能手机都搭载有蓝牙设备，能够实现对BLE信号的扫描与解析，随着智能手机的普及，不需要再考虑终端成本的问题，使用相对较少的节点成本就可以组建一个基于Beacon的室内定位无线网络，提供室内定位及导航的服务，随之而来的需要解决的主要是定位精度问题，在成本尽量控制的条件下，通过优化节点部署、接收信号算法优化等，提供更加精准的位置信息。基于这两点，本文的主要研究内容如下：

(1)分析国内外室内定位的研究现状，比较不同室内定位技术的优缺点，介绍了室内定位技术常用的算法，确定了本文以蓝牙的RSSI值为基础的室内定位研究方案。

(2)结合本文的设计方案所采用的BLE与iBeacon技术，分析并验证了蓝牙信号查询特征，根据应用的蓝牙硬件模块标识码的特点进行了信标节点的ID规划。

(3)搭建蓝牙信号分布特性研究实验平台，根据路径损耗模型对BLE的RSSI特性进行了实测分析，并针对不同发射功率分别建立了RSSI值仿真模型。

(4)设计了基于移动终端的蓝牙室内定位系统方案，包括室内定位场景分析与节点布设、客户端应用程序开发以及室内综合定位算法设计三部分。其中客户端应用程序的开发涉及蓝牙RSSI值采集与加速度信息提取；室内综合定位算法设计方面则提出了基于最小二乘的离散位置估计和结合速度估计的粒子滤波连续跟踪定位。

(5)结合蓝牙RSSI值仿真模型，对室内定位精度的可能影响因素进行了性能分析；结合实测数据，验证了本文设计的蓝牙室内定位系统的可行性；通过手机客户端在实际环境中的应用，实现了基于BLE的室内定位系统演示。

1.4论文章节安排

本文共分为七章，各章的主要内容具体如下：

第一章为绪论，主要介绍了本文的研究背景以及国内外研究现状，针对日益迫切的室内定位需求，阐述了本文基于蓝牙的室内定位研究内容，最后列出了论文的组织结构。

第二章首先概述了目前应用广泛的室内定位技术，在此基础上总结了室内定位的算法及相应模型，从测距与非测距两方面进行定位算法及模型介绍。

第三章为蓝牙室内定位的硬件架构。由蓝牙技术综述引出当前最新的BLE 4．0技术以及本文设计方案具体采用的iBeacon技术。结合蓝牙信号查询特性验证了基于蓝牙的方案的可行性。最后针对蓝牙模块标识码的特点进行了信标节点的ID规划。

第四章着重研究了BLE的RSSI特性，构建分布特性研究实验平台，针对两种信号采集场景与蓝牙设备发射功率，实测分析了室内环境下距离与RSSI值的关系，并根据实测数据建立仿真模型。

第五章从BLE室内定位场景分析与节点布设、客户端应用程序开发以及室内综合定位算法三方面设计了蓝牙室内定位系统的方案。

第六章详细分析了蓝牙室内定位的结果，从离散位置估计与连续跟踪定位两方面展开。针对仿真定位结果，研究了定位精度的影响因素。根据实测数据验证了定位系统的可行性。

第七章对本文的工作进行了总结，同时阐述了有待进一步研究的内容与方向。

这些由节点发出的参数主要包括节点Minor值、节点Major值、节点UUID值、节点信号强度、节点广播内容，相关约束条件为节点相对位置、1m处节点的RSSI值及约束的其他量。

第2章 室内无线定位技术

室内无线定位技术是，在室内通过对无线电磁信号的各个参数进行测量后，使用相关的定位算法和约束条件，得到终端现在处于的位置信息。相对于目前成熟的室外定位技术而言，室内定位技术具有更加的复杂特性。相对于室外，室内的环境更加多变，空间范围较小，对精度要求更高；在室内，无线信号更加容易受到干扰，产生反射、绕射等现象，并且在室内人流的移动、物品的摆放、终端的方位都会影响信号的传输，出现路径损耗及多径效应，甚至出现信号盲区，使定位精度严重下降，因此对于室内定位节点的放置、算法都有更为严苛的要求。

现在已经有许多已经投入商用的室内定位解决方案，包括惯性传感器、WIFI、蓝牙、Zigbee、UWB、RFID、计算机视觉、超声波、LED、磁场等，根据不同的定位精度需求及成本可以选择不同的定位技术。

2.1 室内定位技术概述

2.1.1 惯性传感器定位技术

惯性传感器包括加速度计和陀螺仪等，可测量加速度和角速度。通过对运动传感器的信息进行整合计算，不断更新待移动点的位置和速度。通过对加速度进行积分，可以知道待移动点的位置变化、速度变化，通过对角速度进行积分，可以得到移动点的方向变化，如图2-1所示。



图2-1 对位置角度的积分

惯性传感器定位于其他方法的不同之处在于，不需要事先布置基站或对室内情况有预先了解，所以在救援人员追踪方面有重要应用，因为在这种情况下，室内的无线信号可能受到强烈干扰、基站可能无法正产工作、或救援环境未知。在无线信号难以正常运行时，惯性传感器定位则成为最优选择。另外，由于现在手机中多带有惯性传感器，所以惯性传感器定位也有易于普及的硬件条件。

2.1.2 WiFi定位技术

Wi-Fi定位技术有两种，一种是在已知各个AP位置的前提下，用信号衰减模型计算移动设备与各个AP的距离，用三角定位法确定移动设备的大致位置。另一类方法则类似于机器学习算法，首先将待检测的室内区域按特定面积进行网格划分，然后获取每个网格内的Wi-Fi信号强度信息，这实际上是一个训练的过程。在训练阶段得到每个网格的信号强度信息，在定位时，通过实时检测信号强度，将与当前信号强度匹配度最高的网格作为移动设备当前的位置。



图2-2 WiFi定位原理图解

WifislamMeridian智慧图Wi-Fi定位由于Wi-Fi网络的普及，变得非常流行。Wi-Fi定位可以达到米级定位（1~10米），传统的Wi-Fi定位产品主要应用在专业行业领域（矿井、监狱、医院、石油石化等），如Aeroscout和Ekahau公司的Wi-Fi定位产品。一些Wi-Fi网络设备厂商如Cisco、Motorola等公司也有自己的Wi-Fi定位产品，并随着其Wi-Fi网络设备的推广，已经有很多应用。随着市场（特别是大众消费相关行业）对室内定位需求的增加，google把Wi-Fi室内定位和室内地图引入了google地图，一年多来已经覆盖了北美和欧洲一万大家大型场馆，近期也涌现出一批Wi-Fi定位很有特色的公司，如wifarer、wifront等公司。百度、高德、四维等公司也在研发Wi-Fi室内定位产品。

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。

2.1.3 Zigbee定位技术

ZigBee室内定位技术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。基于 ZigBee 的定位技术具有低成本、低功耗，且信号传输不受视距影响的优点，其被广泛的应用于工业现场采集、智能家居、医疗护理和环境监测等领域。Zigbee 定位算法包括基于距离和距离无关算法 ，而距离无关定位算法精度较低，无法满足室内定位需求，而其测距方法也多利用 RSSI 信号强度进行距离反演。

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。

2.1.4 超声波定位技术

超声波定位技术采用信号往返时间测距，与雷达定位技术类似，即向待测物体方向发射超声波，当超声波到达待测物体后便产生回波，系统通过计算接收到的回波与发射波之间的时间差来计算与待测物体之间的距离。超声波定位系统结构简单，定位精度较高，但构建系统需要大量的硬件设施，成本较高。Bat 系统与 Cricket 系统是具有广泛的知名度的超声波定位系统，其中 Bat 系统定位误差在 9 厘米之内的概率高达 95%。该定位技术为基于测距的定位技术，因此需要视距条件，故受室内多路径影响明显。另外，由于波长类似，超声波之间干扰较大，因此在多节点定位中需要控制标签发射时间，导致定位存在延迟。此外，人类活动过程中也会产生超声波，会对该技术应用造成影响。

2.1.5 室内GPS定位技术

作为目前应用最广泛的定位技术，GPS接收机工作于室内时，由于信号穿过建筑物产生衰减，路径损耗很大，与此同时，建筑的内在结构使得信号反射、折射、绕射和散射，形成多径现象，接收信号的幅度、相位及到达时问均发生变化，造成定位难度大或定位精度降低，提取出导航数据以及时间信息几乎不可能。为提高信号灵敏度，辅助GPS(Assisted GPS，A．GPS)技术应运而生，由多路并行相关器搜索信号，通过复杂的运算可从中提取较为精确的信号。GPS定位技术的优势是卫星有效覆盖范围大，全天候工作，而且导航信号免费。劣势是定位信号到达地面时已较微弱，难以穿透建筑物且定位终端的建设成本较高。

2.1.6 RFID定位技术

该系统通常由电子标签、射频读写器、中间件以及计算机数据库组成。射频标签和读写器是通过由天线架起的空间电磁波的传输通道进行数据交换的。在定位系统应用中，将射频读写器放置在待测移动物体上，射频电子标签嵌入到操作环境中。电子标签上存储有位置识别的信息，读写器则通过有线或无线形式连接到信息数据库。

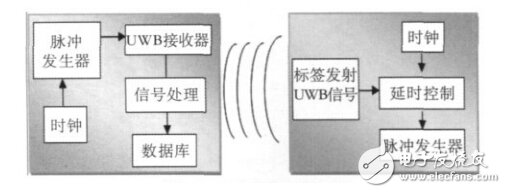
2.1.6 LED定位技术

该技术首先需要让 LED 灯具发出一定规律和频率的光，再利用智能手机的摄像头或光敏传感器接收该 LED 光信号，进而进行检测、计算位置信息，LED 可见光定位系统的定位精度可达米级，可充分利用建筑及巷道内的照明设备，但需要指出的是，旧设备需要改造，且该技术需要依赖既有的通信设施进行位置信息的传递。国外 Bytelight 系统是该技术的代表，国内华策光通信的 UBeacon 定位系统具有一定的影响力。

2.1.7 UWB定位技术

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（如图1所示）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。



2.1.8 磁场定位技术

地磁定位技术即根据所处环境的磁场分布来实现定位，由于无需使用其他辅助手段，是一种无源定位技术，适合在室内环境中应用。目前利用地磁定位技术使用的方式包括两类，其一是先构建精确的地磁模型来描述整个地球不同位置的磁场分布，再在实际应用中根据实测值结合地磁模型来进行定位，另一类是利用场景识别的方式，即先构建区域内的磁场指纹，再在定位阶段利用实测数据与指纹匹配的方式进行定位。芬兰奥卢大学提出一种基于地磁的导航定位系统 Indoor Atlas，据报道该系统利用地磁场可达到 0.1-2 米的定位精度。

2.1.9 蓝牙定位技术

传统的蓝牙设备体积小，便携式笔记本、手机等移动终端里大多集成有蓝牙模块，因此基于传统蓝牙的室内定位技术具备了推广普及的基础。理论上，只要在室内范围安装有合适的蓝牙局域网接入点，并将网络模式设置为多用户环境下的基础网络连接模式，则当移动终端的蓝牙功能开启时，系统就能够获取当前用户的位置信息。不仅如此，采用蓝牙技术实现室内短距离定位时，能迅速发现并连接设备，并且信号的传输不受视距的影响。

随着新的更低功耗的蓝牙技术标准的提出，以及苹果、高通等公司开始敏锐地觉察到基于位置服务(Location Based Services，LBS)的需求兴起，纷纷将研发力量投入到以蓝牙为载体的精准微定位技术之中。基于BLE 4．0的iBeacon技术的问世与基于Bluetooth Smart蓝牙定位技术的Gimbal传感器的诞生掀起了蓝牙室内定位领域的新一波浪潮。

通过上面的介绍，我们得出各个室内定位技术的优缺点，对比结果如表2-1所示：

表2-1 室内定位技术对比

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 定位技术 | 优点 | 缺点 |
| 红外线技术 |  |  |
| 超声波技术 |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

2.2典型室内定位算法介绍

基于测距的定位算法和基于非测距的定位算法是室内定位算法的两大类，基于测距的主要是需要得到目标节点的与参考节点之间的角度、距离信息，而基于非测距的定位算法主要依靠的是节点网络之间的连通性与邻近关系。

2.2.1 基于测距的定位算法原理

基于测距的算法根据测量到的节点之问的距离或角度信息来求取未知节点的位置，主要有基于TOA、基于到达时问差(Time Difference of Arrival，TDOA)、基于到达角(Angle ofArrival，AOA)以及基于RSSI值等定位算法。

1. TOA算法

若信号在介质中的传播速度已知，则根据信号的发射与接收时间，接收端即可计算出传播距离。TOA算法要求严格的时钟同步以获取足够的精度，但由于在室内定位中，节点之间的距离往往较近，而无线电波以光速传播，因此较难实现。利用超声波可降低对于时钟精度的要求，但易受到非视距传播的影响，且提高了对于定位设备的要求，增加了系统的复杂度。

1. TDOA算法

TDOA算法类似于TOA算法，都是借由测距来实现目标定位。通过在节点上安装两种无线收发器，利用两路信号(通常为超声波与电磁波)在空间中传播速度的差异，接收端将信号到达的时间差转化为节点之间的距离。TDOA定位技术的理论精度很高，可达厘米级，但由于超声波传输距离短，因此需要部署密集的网络，从而增加了成本，另一方面算法仍存在非视距传播的影响，高精度定位的实现受到诸多限制。

(3)AOA算法

基于AOA的定位算法是由接收节点通过天线阵列或者多个超声波接收机测得信号的到达方向，计算出发射节点与接收节点之间的角度，利用三角测量法计算接收节点的位置。AOA定位算法受到环境噪声、非视距传播等问题的影响，且由于需要额外硬件的支持，设备的尺寸及功耗要求较高，因此当算法应用于节点自身的定位时有很大的局限性。

(4)基于距离模型的RSSI算法

基于距离模型的RSSI算法是在已知发射功率的前提下，根据未知节点测得的接

收功率，利用电磁波传播模型将路径损耗转化为距离的算法。目前RSSI定位算法大多应用于射频信号，得益于射频收发器模块提供了足够的功率参数、无需发射接收端的严格的时钟同步以及节点之间具备无线通信能力，定位系统可在通信过程中进行定位，因而这是一种低功耗、低成本的定位技术。

由于RSSI算法利用了传播过程中无线信号的衰减，从而计算距离，因此对于环境的变化很敏感。即便在发射端与接收端均不移动的状态下，也可能因为快衰落与信号传输环境的迅速变化使RSSI值产生严重的震荡。此外，一般的无线信号收发器通常未经校准，相同的信号强度下，不同的设备上可能显示不同的RSSI值，因此对于室内定位的精度也存在较大的影响。

2.2.2 基于测距的定位算法

根据2.2.1节的分析，在明确了与室内测距相关的定位原理后，需重点研究基于测距的定位算法。常用的测距算法模型有以下几种：

1. 三边测量定位算法

三边测量定位算法是通过测量目标节点到与三个不在同一直线的已知节点的距离，通过简单算法计算出目标节点的坐标。这里使用基于2D平面的推导，在平面上有三个不在同一直线上的已知节点，通过获取目标节点与三边的距离信息，结合已知节点的位置，则目标节点就在三个圆的交点上。

已知三个节点A、B、C的坐标分别为(x1，y1)，(x2，y2)，(x3，y3)，目标节点与它们的距离分别为d1，d2，d3，如图2-1所示：

2、三角测量法

3、极大似然估计法

2.2.2 基于到达角的定位算法

2.2.3 基于到达时间的定位算法

2.2.1低功耗蓝牙协议体系

3.1.2低功耗蓝牙与传统蓝牙区别

3.1.3 BrightBeacon的室内定位解决方案

3.2 低功耗蓝牙接收信号强度室内分布特征

3.2.1距离对接收信号强度的影响

3.2.2路径对接收信号强度的影响

3.2.3测试设备对接收信号强度的影响

3.3信号强度分布特征分析

3.4基于KNN发现的定位设计与研究

3.4.1 KNN算法说明

3.4.2 KNN算法实现

3.5 基于PDR的算法实现分析

3.6基于指纹的算法实现与分析

3.7本章总结

第3章 系统需求分析与总体设计

2.1室内定位技术概述

1.室内环境及信号传播影响因素

2.典型的室内定位技术

2.2需求分析

2.3系统总体架构设计

2.4基于RSSI的定位技术

2.4.1基于传播模型的定位方法

2.4.2基于位置指纹的定位方法

2.4.3基于PDR的定位方法

2.4.4基于KNN发现的定位方法

2.5本章小结

第4章 系统实现

第5章 系统测试与运行

5.1系统测试环境及测试数据

本系统测试时服务器端在台式计算机上运行，操作系统为Ubuntu Kylin 16.04 LTS，数据分析分析环境为BlinkDB alpha-0.1.0，Web服务器为Tomcat7.0。客户端在台式计算机上的浏览器上运行，浏览器为Google Chrome。

系统

5.2系统测试与运行结果

1. 用户登录功能测试与运行结果

用户在登录表单中输入用户名和密码，点击登录以实现用户登录。如果用户登录成功

5.3本章小结

本章从系统测试环境及测试数据、系统测试与运行结果两个方面，介绍了BlinkDB数据分析系统的系统测试与运行，给出系统测试与运行结果的截图并进行分析。从系统测

结 论

随着网络信息化时代的到来，数据规模呈爆炸式上涨趋势，昭示着海量数据时代。在海量数据时代，越来越多的场合

致 谢

时光匆匆流去，我的大学本科生活也即将结束。从大一刚入校时的好奇与迷茫，到大四毕业时的自信与期望。这四年中，自己在不断成长，不断进步。尤其是毕业设

参考文献

1. 徐保民, 倪旭光. 云计算发展态势与关键技术进展[J]. 中国科学院院刊, 2015, 30(2): 170-180.
2. 王成红, 陈伟能, 张军, 宋苏, 鲁仁全. 大数据技术与应用中的挑战性科学问题[J]. 中国科学基金, 2014, (2): 92-98.