

**研究生学位论文开题报告**

**报告题目 基于UWB的高精度室内定位技术的研究与实现**

**学位类别 工程硕士**

**学科专业 软件工程**

**研究方向 室内定位**

**研究所（院系） 中国科学院成都计算机应用研究所**

**填表日期 2017年2月13日**

**中国科学院大学制**

**目录**

[1 选题的背景及意义 1](#_Toc475024829)

[2 国内外研究现状与趋势 2](#_Toc475024830)

[2.1 国内研究现状与趋势 2](#_Toc475024831)

[2.2 国外研究现状与趋势 2](#_Toc475024832)

[3 课题主要研究内容及预期目标 3](#_Toc475024833)

[3.1 主要研究内容 3](#_Toc475024834)

[3.2 预期目标 4](#_Toc475024835)

[4 拟采用的研究方法与技术路线、实验方案及其可行性分析 4](#_Toc475024836)

[4.1 拟采用的研究方法与技术路线 4](#_Toc475024837)

[4.2 实验方案及其可行性分析 5](#_Toc475024838)

[5 已有研究基础与所需的研究条件 5](#_Toc475024839)

[5.1 已有研究基础 5](#_Toc475024840)

[5.2 所需研究条件 6](#_Toc475024841)

[6 研究工作计划与进度安排 6](#_Toc475024842)

[7 参考文献 6](#_Toc475024843)

# 选题背景及意义

随着互联网、无线通讯和普适计算等技术的普及与发展,基于位置的服务(LBS，Location Based Service)在日常生活中扮演着越来越重要的角色，对目标位置的准确获取一直是无线定位领域研究的核心问题。

目前，全球定位系统（Global Positioning System，GPS）是室外定位的通用解决方案，在无辅助的情况下定位精度一般为10米以上。然而，卫星定位受终端所在环境影响较大，如当用户在室内或高大建筑物之间时，受到可见的卫星数量限制，定位精度会大大降低，甚至无法进行定位，此时借助于蜂窝网络的定位技术，尚能实现室外定位的全覆盖。然而室外定位由于技术的限制，其定位精度为米级，无法满足某些需要高精度定位（定位精度厘米级）的应用需求。高精度定位拥有广泛的市场，包括石油石化行业、印钞厂、机场、消防等领域的人员物资定位。

室内定位技术弥补了GPS因信号受建筑物遮挡而无法用于室内环境定位的不足,将定位服务从城市室外空间扩展至建筑物内部空间。目前，可用于室内定位的技术有超声、红外、蓝牙、ZigBee、RFID、无线局域网（WLAN，Wireless Local Area Network）、超宽带（UWB，Ultra Wide-Band）等定位技术。基于蓝牙的室内定位具有设备体积小、功耗低、建立连接时间短的优点，但蓝牙系统稳定性差，受噪声的干扰比较大，且只适合小范围的定位。RFID已经在物流和供应链管理、生产制造和装配等场景下有了比较广泛的应用，但其作用距离很近，且标签密度高时会产生较大干扰。无线局域网的网络部署与扩充成本低，布网完成后可实现随时随地的网络覆盖，而且WLAN在室内信号覆盖好，因此基于WLAN的室内定位一直是设计室内定位系统时的重要选择，但是它能实现的定位精度很低。

UWB主要采用极短脉冲信号传送数据，能保证高速通信的同时，发射功率却非常之小，其定位精度可以达到厘米级，明显高于RFID，可以说是弥补了高精度定位领域的空白，且具有将精确测距与定位和低速通信相结合的能力。UWB信号具有极强的穿透障碍物的能力，而且采用极窄脉冲体制的UWB技术还具有对恶劣多径环境的鲁棒性，极其适合在复杂环境下使用。因此，具有高的时间分辨率和强的穿透能力的超宽带技术成为了高精度无线区域定位的首选技术，能够满足未来区域定位系统对信号共存、高精度、非视距、低功耗等诸多要求。

# 国内外研究现状与趋势

## 国内研究现状与趋势

获取人或物体的位置信息在很多领域都具有非常重要的意义。我国国家自然科学基金支持了10余项关于超宽带技术的课题。例如，北京邮电大学开展的超宽带无线通讯系统，射频电路设计理论与调制方式的研究；南京邮电大学开展的脉冲信号收发天线的理论与设计研究；西安交通大学开展的高功率UWB天线及阵列的关键技术研究；东南大学开展的基于超宽带的小区域高速无线多媒体网络的关键技术研究；哈尔滨工业大学、南京邮电大学和桂林电子科技大学联合开展的超宽带高速无线接入理论与关键技术的研究。我国在电磁波及雷达技术领域开展了脉冲电磁波的传播实验和超宽带脉冲雷达的研究。我国国家863计划的通信主题小组在2001年推出我国关于超宽带的第一个预研课题指南，即董娜娜学《超宽带无线通信关键技术机器共存于兼容技术》课题。该小组在2003年又推出了超宽带无线传输技术研究与开发的预研课题。2004年国家自然科学基金委提出了一个《超宽带告诉无线介入理论与关键技术》的课题，用来研究脉冲超宽带信号的设计、发生和传输等理论与分析法等。同年9月，首届超宽带中国论坛在北京召开。各大科研院所对超宽带这一技术加倍重视，学术交流日益频繁，研究队伍也在不断壮大。

## 国外研究现状与趋势

二次世界大战后，利用无线电技术已经能够实现全天候定位导航，如广泛使用的Loran-C.无线电系统。美国于1973年开始至1992年建成的全球卫星定位系统GPS是无线定位技术发展历程中的重要里程碑，它具有覆盖范围广、功能全和性能优良等优势，至今已在众多地区、众多领域得到广泛应用。

国际许多著名大学及研究组织都对超宽带技术进行着深入持久的研究，取得了一系列重大研究成果。例如，美国麻省理工学院、南加州大学、斯坦福大学、伯克利大学、因特尔无线研究室，在欧洲的有德国的Dresden大学、芬兰的Oulu大学等，都展开了对超宽带技术的研发工作，相当数量的公司也都投入到超宽带技术的研发活动中来。其中，南加州大学的Ultra Lab是超宽带技术研发领域的一个具有代表性的研究机构，与Time Domain公司在扩频超宽带技术研究领域紧密合作，通过对超宽带无线信道的特性的研究与描述，分析出超宽带系统在多径信道下的特性，许多首创性的研发成果推进了超宽带技术的发展。麻省理工学院的超宽带技术实验小组主要进行超宽带通信系统的设计和定位系统的研发等。美国的XtremeSpectrum公司设计研发了可以再众多设备间实现无线音视频传输的超宽带芯片组，因特尔公司在2000年成立的超宽带研究实验室，实现运用了超宽带技术的无线USB技术，Discrete Time公司研发出多频带超宽带技术，Philips公司与GA公司与2003年签订联合研发速率可达480Mb/s的超宽带芯片组，PluseLink公司也于同年退出一款传输速率达400Mb/s的超宽带芯片组。

# 课题主要研究内容及预期目标

## 主要研究内容

在物联网设备性能飞速增长的环境下，基于位置感知的应用激增，位置感知发挥了越来越重要的作用。在室内和室外的环境下，连续可靠的提供位置信息可以给人们的生产生活带来极大的便捷。室外定位服务已经成熟，基于GPS和地图的位置服务被广泛应用。近年来，位置服务的相关技术和产业正向室内发展以提供无所不在的基于位置的服务。目前，室内定位技术已经有了很多发展，例如红外、超声、ZigBee、蓝牙、射频识别、Wi-Fi、UWB等定位技术。其中，UWB技术因其脉冲信号时间间隔极短，具有较高的时间分辨率，同时具有强的穿透能力，成为了室内精确定位的不二之选。大量实测数据显示，UWB信号本身以及其相互作用的环境参数都具有频率依赖性。因此，深入研究UWB信号的传播特性，明确其与环境参数、系统参数的相互关系，是提高UWB室内定位精度、减少误差的基础。

UWB定位方法主要有三种，基于信号到达时间TOA定位算法、基于信号到达时间差TDOA定位算法、基于信号到达角度AOA定位算法。基于TOA的方法依靠移动点（待定位点）和多个基站间信号的传输时延，得到移动点与基站间的估计距离，可以基站为圆心画多个圆，这些圆的交点理论上就是移动点的位置。这样的思想在RSSI中也用到了，只是RSSI是信号强度指标，而TOA是信号传输时延。这种基于TOA的方法需要基站在时间上精确同步，但实际中由于多径干扰、噪声干扰，上述中的圆不会相交于一点，而是一个区域。TDOA则利用移动点到两个基站的距离之差来确定双曲线，多个基站时，就可以确定多个双曲线，其交点作为移动点的估计位置。基于AOA的方法则是在基站通过已知点接收机天线阵列测出移动台发射电波的入射角，构成方位线，由多个基站提供的方位线交点，可以用于估计移动点的位置。TOA和TDOA都对时间同步有较高的要求，如果移动点与基站之间（TOA）或基站与基站之间（TOA、TDOA）时间不同步，则会导致精度不高。室内复杂环境下信号的多径效应和非视距效应对信号到达时间估计、静态节点定位以及动态节点跟踪提出了新的挑战，因此研究可行的到达时间估计方案、高精度定位方案以及稳定跟踪方案对于超宽带在室内定位中的工程应用具有非常重要的意义。

## 预期目标

针对当前已有的室内定位技术，研究分析不同技术的特点，说明UWB定位技术在高精度无线定位领域的优势，在明确UWB信号传播机理及其与环境参数、系统参数的相互关系的基础上，选择合适的信道模型，建立合理的研究方案，针对室内复杂环境下信号的多径效应和非视距问题，结合其他室内定位算法，提出改进的混合定位算法对定位算法进行优化，减小定位误差，提高定位精度，在此基础上，完成高精度定位系统的设计与实现。

# 拟采用的研究方法与技术路线、实验方案及其可行性分析

## 拟采用的研究方法技术路线

超宽带（UWB，Ultra Wideband）技术是一种非常规的无线通讯技术，它具有许多其他通信方式没有的优势。在超宽带通信技术的理论基础上，以提高室内定位精度为目标，分析传统的室内定位算法不足与优点，对室内定位算法进行优化，并完成高精度室内定位系统的设计与实现。总体思路是：分析常见的室内无线定位的基本方法，在UWB信号的传播特性和理论基础上，通过对一些最常见的定位算法的分析和对比，具体评估每种算法对于UWB系统的适用性；针对这些算法的不足，研究设计一种混合算法，以减小多径效应和非视距问题对定位算法的影响，提高定位精度；在该混合算法的基础上，设计实现一个高精度室内定位系统。

1. 分析超宽带信号的传播特性与信道模型

超宽带信号采用极窄的脉冲波来进行信息的传输。选择合适的脉冲波来提高接收端的信噪比是超宽带系统面临的关键问题。

1. 分析基本的室内无线定位算法

基于信号强度（RSSI）定位算法、基于信号到达时间（TOA）定位算法、基于信号到达时间差（TDOA）定位算法、基于信号到达角度定位算法（AOA）、混合定位算法。

1. 基于UWB信号的传播特性对比几种定位算法的适用性

UWB具有抗干扰性能强，传输速率高，系统容量大，发送功率小的特点。UWB采用纳秒级脉冲具有很高的定位精度，具有极强的穿透能力，可实现室内精确定位，其定位精度可达厘米级。分析对比RSSI、TOA、TDOA和AOA这四种算法的优缺点，为研究高精度混合定位算法提供理论基础。

1. 研究高精度混合定位算法对于多径效应和非视距问题的解决方案

根据超宽带定位的优化方法：最小包容圆算法、BP神经网络、卡尔曼滤波算法等，考虑室内环境下的多径效应和非视距问题，选择合适的定位算法，设计一种混合定位算法。

1. 实现高精度室内定位系统

在现有的研究条件的基础上，结合设计的高精度混合定位算法，完成刚精度混合定位系统的设计与实现。

## 实验方案及其可行性分析

文献分析法、实验研究、理论研究、模型检验

实验方案大致分为以下几个步骤：

1. 进行文献调研，对当前的UWB室内定位技术与算法进行分析
2. 进行实验研究，选择合适的室内定位算法进行研究
3. 设计高精度混合定位算法理论模型并进行仿真实验
4. 设计实现一个高精度室内定位系统

随着人们生产生活方式的改变，人们大多数活动都在室内进行，对室内高精度定位的需求迫切而广泛。未来的定位必定是全球定位系统与局部定位技术相结合的趋势，室内定位技术发展迅速。国内外针对室内高精度定位的研究不在少数，为本实验提供了坚实而广泛的理论和实践基础。在当前的技术环境下，本实验是切实可行的。

# 已有研究基础与所需的研究条件

## 已有研究基础

本课题研究依托于项目《主动式精准定位系统》。

实验室具有室内定位系统研究的基础，在资金投入和设备资源方面具有良好的基础条件，同时具有培养硕士、博士的条件。实验室拥有一支多年从事智能识别系统和物联网技术相关产品研发的团队，在UWB超宽带定位、RFID感应及智能识别领域拥有丰富的研发经验和多项专利技术。本实验不需要很高的计算机硬件配置，实验室具有足够的本课题所需的主要计算机软件、硬件条件。

## 所需研究条件

首先应对各种室内定位技术有详细的了解，确定UWB技术相对于其他室内定位技术的优势，详细了解几种主要的UWB定位算法的原理，确定当前环境下，UWB室内定位技术面临的问题。结合当前的研究成果，确定具体的解决方案。

# 研究工作计划与进度安排

现将整个研究工作分为6个阶段，具体如下：

2016年 9 月——2016年12月：进行室内定位技术宏观文献调研，整理与分析资料，了解国内外室内定位技术的研究现状，确定论文主要研究方向。

2017年 1 月——2017年 2 月：分析室内定位的相关技术和关键算法，分析UWB室内定位算法所面临的问题，确定研究技术路线，完成论文开题报告。

2017年 3 月——2017年 8 月：研究适用于UWB技术的室内定位算法，进行仿真实验，设计一种高精度混合室内定位算法，解决UWB定位算法所存在的问题。

2017年 9 月——2017年12月：结合高精度混合室内定位算法，开发实现一款基于UWB的高精度室内定位系统。

2018年 1 月——2018年 6 月：汇总并总结研究方法以及研究过程中积累的资料，撰写毕业论文。

# 参考文献

1. 刘国栋. 基于UWB的室内定位技术研究[D]. 南京邮电大学, 2014.
2. Benedetto M G D, Giancola G. Understanding Ultra Wide Band radio fundamentals[M]. Prentice Hall PTR, 2004.
3. Benedetto M G D, De Nardis L, Junk M, et al. (UWB)2: Uncoordinated, Wireless, Baseborn Medium Access for UWB Communication Networks[J]. Mobile Networks and Applications, 2005, 10(5):663-674.
4. Pi-Chun Chen. “A Non-Line-of-Sight Error Mitigation Algorithm in Location Estimation,”[J]. 1999, 1:316-320 vol.1.
5. Lee J Y, Scholtz R A. Ranging in a dense multipath environment using an UWB radio link[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(9):1677-1683.
6. Foy W H. Position-Location Solutions by Taylor-Series Estimation[J]. Aerospace & Electronic Systems IEEE Transactions on, 1976, AES-12(2):187-194.
7. Chan Y T, Ho K C. A simple and efficient estimator for hyperbolic location[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 1994, 42(8):1905-1915.
8. Mao G, Fidan B, Anderson B D O. Wireless sensor network localization techniques[J]. Computer Networks, 2007, 51(10):2529-2553.
9. Guvenc I, Chong C C. A Survey on TOA Based Wireless Localization and NLOS Mitigation Techniques[J]. Communications Surveys & Tutorials IEEE, 2009, 11(3):107-124.
10. Zhou Y. Indoor localization with ultra wideband radio[J]. School of Electrical & Electronic Engineering, 2012.
11. 蒙静. 基于IR-UWB无线室内定位的机理研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2010.
12. 林传分. 基于超宽带的室内定位算法研究[D]. 新疆大学, 2014.
13. Gezici S. Localization via Ultra-Wideband Radios[J]. IEEE Signal Processing Magazine, 2015, 22(4):70--84.
14. Marano S, Gifford W M, Wymeersch H, et al. NLOS identification and mitigation for localization based on UWB experimental data[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2011, 28(7):1026-1035.
15. Yu K, Montillet J P, Rabbachin A, et al. UWB Location and tracking for wireless embedded networks[J]. Signal Processing, 2006, 86(9):2153-2171.
16. 吴凌. 基于RFID的定位算法研究[D]. 南京邮电大学, 2014.
17. 张瑞峰, 张忠娟, 吕辰刚. 基于质心-Taylor的UWB室内定位算法研究[J]. 重庆邮电大学学报自然科学版, 2011, 23(6):717-721.
18. 刘运杰, 金明录, 崔承毅. 基于RSSI的无线传感器网络修正加权质心定位算法[J]. 传感技术学报, 2010, 23(5):717-721.
19. Alavi B, Pahlavan K. Modeling of the TOA-based distance measurement error using UWB indoor radio measurements[J]. IEEE Communications Letters, 2006, 10(4):275-277.
20. Win M Z, Dardari D, Molisch A F, et al. History and Applications of UWB[J]. Proceedings of the IEEE, 2009, 97(2):198-204.
21. Yang K, An J, Bu X, et al. Constrained Total Least-Squares Location Algorithm Using Time-Difference-of-Arrival Measurements[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2010, 59(3):1558-1562.
22. 杨洲. 基于UWB/MEMS的高精度室内定位技术研究[D]. 中国矿业大学, 2015.
23. 刘林, 邓平, 范平志. 基于Chan氏算法和Taylor级数展开法的协同定位方法[J]. 电子与信息学报, 2004, 26(1):41-46.
24. Liu L, Liu Z, Barrowes B E. Through-Wall Bio-Radiolocation With UWB Impulse Radar: Observation, Simulation and Signal Extraction[J]. Selected Topics in Applied Earth Observations & Remote Sensing IEEE Journal of, 2011, 4(4):791-798.
25. Narayanan R M. Through-wall radar imaging using UWB noise waveforms[J]. Journal of the Franklin Institute, 2008, 345(6):659-678.