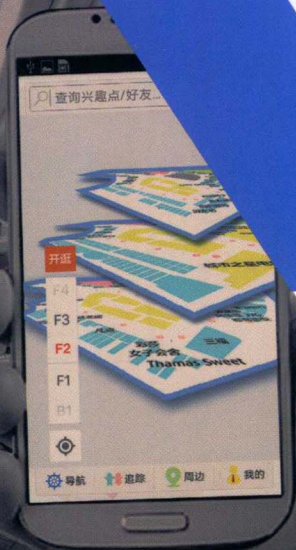


室内空间信息支持下的 行人导航定位方法

尚建嘎 著

Indoor Pedestrian Navigation and
Localization with the Support of
Spatial Information



科学出版社

室内空间信息支持下的 行人导航定位方法

尚建嘎 著

本书得到国家自然科学基金项目“普适计算环境下多层语义位置模型层间关联映射方法”(编号:41271440)的资助。

科学出版社

北京

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229;010-64034315;13501151303

内 容 简 介

基于智能手机的行人航位推算(PDR)作为一种具有自主导航定位能力的技术备受关注。理论和实践都已经证明,室内空间信息在基于PDR方法的行人定位中具有不可替代的重要作用。本书源自作者近年来在室内空间信息及室内导航定位领域科研工作的总结,按照室内空间信息模型、绝对位置估计、符号及相对位置计算、行人定位应用问题这一主线来组织内容,着重讨论面向室内PDR定位的空间信息模型及关键研究问题、融合地图信息和地标的室内行人位置估计、基于格网模型的室内行人位置估计、基于图模型的室内行人位置估计、基于图的层次语义位置模型及其支持下的符号位置及连续相对位置计算方法、室内行人定位精度评估方法、室内行人定位在移动社交网络服务中的应用。

本书适合从事导航与位置服务、地理空间信息,尤其是室内导航定位领域专业技术人员阅读,也可作为计算机、通信、测绘相关专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

室内空间信息支持下的行人导航定位方法/尚建嘎著. —北京:科学出版社, 2016. 11

ISBN 978-7-03-050496-8

I. ①室… II. ①尚… III. ①移动通信-终端设备-无线电定位 IV. ①TN929.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第268579号

责任编辑: 闫 陶 / 责任校对: 董艳辉

责任印制: 彭 超 / 封面设计: 苏 波

科 学 出 版 社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

武汉市首壹印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本: B5(720×1000)

2016年11月第一版 印张: 12 1/2

2016年11月第一次印刷 字数: 270 000

定价: 45.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

室内环境(办公楼、购物中心以及机场、地铁站等)中的主体是人,获得准确、可靠、泛在的行人位置信息是移动社交网络、应急救援、物联网等智能移动应用的关键。传统的依赖基础设施的室内定位技术在成本、部署要求、可靠性等方面的局限性,大大限制了其在许多场合的应用。近年来,随着配备有惯性传感器的智能手机的普及,使得具有自主式定位能力的行人航位推算(Pedestrian Dead-Reckoning, 简称 PDR)方法成为一种必然趋势,也使得人感知环境的能力得到了极大增强,在构建免或轻基础设施的室内行人定位系统方面显示出巨大潜力。然而,PDR 方法存在累积误差,需要不断进行校正才能保证一定的定位精度。此外,现有基于 PDR 的行人位置感知研究只考虑行人绝对位置估计,缺乏对室内空间符号位置,尤其是行人之间相对位置计算的支持,无法满足室内移动计算对位置上下文的多样化需求。

在室内定位领域一个有趣的现象是,人们总是感叹室内环境复杂,给定位带来了许多麻烦和问题,殊不知室内空间所具有的一些特性恰恰又可以为定位及其应用提供极好的帮助。室内空间信息模型可以在基于 PDR 方法的行人位置感知计算中发挥重要作用,主要体现在两个方面:一是作为空间约束进行误差校正,改进绝对位置估计性能;二是支持基于绝对位置实现符号位置和移动对象相对位置感知。然而,现有相关研究大多侧重于上述某一方面,缺乏对室内环境空间信息模型与智能手机 PDR 方法相结合的系统深入研究,如现有基于智能手机 PDR 的行人定位方法大多同时依赖室内空间信息和 Wi-Fi 等绝对定位技术进行误差校正,使得 PDR 方法不依赖定位基础设施的特性没有很好体现;现有支持移动对象相对位置感知计算的空间模型,不适用于基于 PDR 方法的绝对位置计算,且缺乏高效移动对象连续相对位置感知能力。

全书共分 8 章。通过第 1 章和第 2 章,读者可以快速了解室内行人定位及室内空间模型相关背景、概念及研究问题。第 1 章为绪论,讨论室内位置感知、行人航位推算的相关概念,室内空间特征及其对行人定位的影响,以及室内行人定位面临的研究挑战和思考。第 2 章描述面向室内行人定位的空间信息模型,讨论室内空间模型支持下行人绝对位置、符号位置及相对位置计算需解决的关键问题,

从而引出本书的内容。

第3~5章,介绍室内空间信息模型支持下的行人绝对位置估计方法,分别从室内地图、格网模型、图模型与地标(landmarks)的融合展开讨论。第3章讨论融合地图信息和 landmarks 的 PDR 室内行人位置估计方法(APFiLoc),描述行人运动估计计算方法,给出种子 landmarks 和有机 landmarks 的识别算法,提出一种增强的粒子滤波算法来融合步长、朝向、landmarks 和地图信息实现行人 2.5 维定位。本章所描述的行人运动估计方法、landmarks 识别方法是本书其他章节的通用基础。第4章讨论基于格网模型的 PDR 室内行人位置估计方法(GridiLoc),详细讨论如何将主要用于机器人定位领域的格网滤波与基于智能手机 PDR 的行人定位相结合,充分利用格网模型包含的室内空间几何、拓扑及语义信息约束行人的运动,改进定位精度。为此,提出一种回溯格网滤波算法,通过历史追踪数据以及智能空间查询解决死角(Dead Ending)问题和位置估计失败现象。第5章讨论基于图模型融合 landmarks 的 PDR 室内行人位置估计方法(GraphiLoc),提出一种基于适应性扩展 Voronoi 图模型的低复杂性行人绝对位置估计方法,在一种与行人步行特征接近完全离散的状态空间,基于粒子滤波实现 PDR 和 landmarks 融合。此外,提出基于图模型的方向校准和粒子回溯方法,进一步消除 PDR 累积误差带来的位置估计错误。上述三种方法均可在不依赖任何定位基础设施情况下,仅使用智能手机惯性传感器和气压计,实现可靠的行人 2.5 维定位追踪。

第6章讨论室内空间信息模型支持下面向行人的符号位置和相对位置计算方法,提出一种结合行人运动特征和室内空间特征,基于适应性扩展 Voronoi 图的层次语义位置模型(HiLoMo),在此基础上着重讨论面向移动对象的连续范围查询和 K 最近邻查询算法。除支持移动对象连续相对位置感知外,该模型还可有效支持符号位置、基于 PDR 方法的行人绝对位置估计。

第7~8章,介绍室内定位精度评估及室内行人定位应用。第7章讨论室内行人定位精度评估方法,包括描述精度的一般性概念、定位精度及其度量方法以及行人定位精度评估的相关概念。分析四类常用室内行人定位精度评估方法,即预置标记点评估法、参考系统评估法、交叉轨迹评估法以及视频评估法。提出一种基于地标的即时定位和精度评估方法,可在几乎不需要人工参与的情况下,获得与预置标记点方法接近的结果。第8章介绍作者团队开发的“iSoNe:基于位置的室内移动社交服务系统”,该系统是以前面几章介绍的技术为基础构建的一个原型系统,讨论室内行人定位在移动社交网络服务等的应用。此外,给出了基于

PDR 方法的室内行人定位值得关注的一些研究方向。

综合本书研究表明,基于室内移动环境中空间信息及其模型的支持,在不依赖任何定位基础设施情况下,实现基于智能手机 PDR 方法的行人 2.5 维绝对位置定位是可行的,其关键在于充分利用地图等空间模型中包含的几何、拓扑及语义信息约束行人运动,以及利用智能手机传感器感知环境中的 Landmarks,并辅之以结合空间模型和人的行为特征的误差校正方法进行累积误差校正。此外,研究表明构建一种结合行人运动特征和室内空间特征的多粒度层次位置模型,实现兼顾基于 PDR 方法的行人绝对位置估计,以及符号位置和移动对象连续相对位置感知的必要性、可行性和有效性。

在本书写作和出版过程中,得到了中国地质大学(武汉)信息工程学院“普适位置感知计算”团队古富强、胡旭科、余芳文、郭傲、闫金金、汤欣怡、周智勇、程稳、武永峰等同学的大力支持和帮助,他们中一些同学已经赴海外读博深造或已参加工作,仍心系母校和团队。本书的完成也得到了华中科技大学计算机学院余胜生教授、中国地质大学(武汉)信息工程学院、艺术与传媒学院、国家地理信息系统工程技术研究中心等一些老师和同学的关心、支持和帮助。在此一并表示感谢。

本书得到国家自然科学基金项目“普适计算环境下多层语义位置模型层间关联映射方法”(编号:41271440)、国家重点研发计划项目“高可用高精度室内智能混合定位与室内 GIS 技术”(编号:2016YFB0502200)的资助。

“科研人永远在路上”,这本书只能看做是我科研工作的阶段总结。由于作者学术水平有限,疏漏与错误在所难免,诚恳希望读者批评指正。

尚建嘎

2016年6月11日于武汉南望山

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 室内空间定位研究现状	1
1.2 室内行人位置感知技术特点及研究挑战	5
1.2.1 相关概念	5
1.2.2 室内空间特征及其对行人位置感知的影响	7
1.2.3 行人航位推算	8
1.2.4 用于行人位置估计的贝叶斯滤波	10
1.2.5 研究面临的挑战和思考	12
第 2 章 面向室内行人定位的空间信息模型	15
2.1 室内空间模型	15
2.1.1 几何空间模型	16
2.1.2 符号空间模型	18
2.1.3 混合空间模型	19
2.2 室内空间信息模型支持下的行人绝对位置估计	22
2.2.1 地图匹配	22
2.2.2 Landmark 匹配	24
2.2.3 基于格网模型的位置估计	25
2.2.4 基于图模型的位置估计	27
2.3 室内位置模型支持下的行人符号和相对位置计算	29
2.4 现有研究存在的问题	30
第 3 章 融合地图信息和 Landmark 的 PDR 室内行人位置估计方法	33
3.1 概述	33
3.2 APFiLoc 方法架构	36
3.3 行人运动估计	37
3.3.1 步行事件捕获	38

3.3.2	步长估计	39
3.3.3	朝向估计	39
3.4	Landmark 识别	40
3.4.1	种子 Landmark	40
3.4.2	有机 Landmark	42
3.5	增强型粒子滤波融合定位算法	45
3.6	实验与分析	48
3.6.1	朝向及步长评估	49
3.6.2	Landmark 的分类与识别评估	51
3.6.3	定位精度评估	56
第 4 章	基于格网模型的 PDR 室内行人位置估计方法	59
4.1	概述	59
4.2	格网滤波	61
4.2.1	格网模型表达	61
4.2.2	格网滤波	62
4.3	GridiLoc 方法架构	64
4.4	基于格网滤波的行人位置估计	65
4.4.1	初始化	66
4.4.2	预测	67
4.4.3	更新	68
4.4.4	回溯	71
4.4.5	基于格网模型的位置估计算法	74
4.5	实验与分析	76
4.5.1	实验设置	76
4.5.2	精度与复杂性评估	79
第 5 章	基于图模型融合 Landmark 的 PDR 室内行人位置估计方法	84
5.1	概述	84
5.2	基于图模型的粒子滤波概率模型	87
5.2.1	适应性扩展图模型的表达	87
5.2.2	基于图模型的粒子滤波	88
5.3	GraphiLoc 方法架构	90
5.4	融合 Landmark 的 PDR 位置估计算法	91

5.4.1	融合 Landmark 的粒子滤波实现	91
5.4.2	基于图模型的方向校准	95
5.4.3	基于图模型的粒子回溯	96
5.4.4	基于图模型的位置估计算法	97
5.5	实验与分析	100
5.5.1	实验设置与方法	100
5.5.2	精度与复杂性评估	101
5.5.3	方向校正评估	105
5.5.4	粒子回溯评估	107
第 6 章	室内行人符号位置及连续相对位置感知方法	110
6.1	概述	110
6.2	基于图的层次语义位置模型 HGISLM	113
6.2.1	基础层	114
6.2.2	位置层	117
6.2.3	出口层	119
6.2.4	移动对象层	122
6.3	符号位置感知	123
6.3.1	移动对象室内时空位置定义	123
6.3.2	移动对象符号位置计算方法	123
6.4	室内空间距离	124
6.4.1	室内空间距离的定义	124
6.4.2	室内空间距离的计算	125
6.5	室内移动对象连续相对位置感知算法	125
6.5.1	范围查询算法	125
6.5.2	K 最近邻查询算法	131
6.6	实验与分析	134
6.6.1	实验设置与方法	134
6.6.2	移动对象连续范围查询评估	136
6.6.3	移动对象连续 K 最近邻查询评估	139
第 7 章	室内行人定位精度评估方法	142
7.1	概述	142
7.1.1	精度的一般概念	142

7.1.2	定位精度及度量方法	143
7.1.3	行人定位精度评估	144
7.2	室内行人定位精度评估常用方法	145
7.2.1	预置标记点评估法(Marker based)	145
7.2.2	参考系统评估法(Reference System based)	147
7.2.3	交叉轨迹评估法(Cross-track based)	148
7.2.4	视频评估法(Video Based)	150
7.3	一种即时定位和精度评估的方法	151
7.3.1	方法框架	152
7.3.2	地标识别	153
7.3.3	精度估计	153
7.3.4	实验与分析	155
第8章	室内行人定位应用及未来研究方向	160
8.1	概述	160
8.2	iSoNe:基于位置的室内移动社交服务系统	161
8.2.1	基于位置的室内移动社交服务	161
8.2.2	系统软件架构	162
8.2.3	系统主要功能	166
8.3	未来研究方向	170
	参考文献	172

第1章 绪 论

1.1 室内空间定位研究现状

当今社会,小型化或微型化成为计算机的发展趋势^[1],各种小型计算设备如智能手机、平板电脑、传感器等逐渐深入人们的生活。常规的计算模式逐渐被上下文计算所取代^[2]。普适计算、物联网^[1]、移动社交网络^[3]等新型移动计算模式不断涌现。绝大多数移动应用都需要知道人、设备以及其他感兴趣对象的位置,无论它们是位于室外,还是室内。在所有移动计算上下文中,位置信息是最重要、最基本的物理上下文参数^[4,5],一方面由于移动计算环境中设备的许多行为都与其位置相关联,位置本身可直接作为一类重要上下文为用户提供个性化的服务;另一方面绝大多数其他物理和情景上下文都可以作为位置和时间的函数被推导出来。如今,位置感知计算^[6]已悄然成为人们日常生活的一部分。

随着现代社会的不断发展,城镇化进程加快,地上、地下大型建构物日益增多。有研究表明,人们平均花费多达 87% 的时间在室内空间^[7]。无论是人们日常生活中的导航、移动社交,还是零售和电子商务、公共安全、生产安全、应急救援、特殊人群监护、大型场馆管理、智慧城市建设等领域都渴望使用准确的室内定位信息,图 1-1 所示是一个大型室内场所内景及行人定位示意。如今,移动社交网络、物联网等领域正在超越其传统界限,逐渐扩展到室内空间^[8,9]。传统上,人们常通过 GPS 为代表的全球卫星导航系统(GNSS)进行定位,但这类系统无法用于室内定位^[10,11]。虽然基于蜂窝网络(cellular-based)的定位方案以及一些改进的 GPS 定位方案,如 GPS 辅助定位(assisted-

GPS, A-GPS)^[6]等可在一定程度上用于室内定位,但在精度、可用性等方面无法满足大多数室内位置感知应用需求。



图 1-1 大型室内场所及行人定位(图片来源:<http://gpsworld.com>)

与开放的室外空间相比,通常情况下室内环境在空间布局、拓扑、环境限制、空间约束等方面更加复杂^[12]。这使得室内环境中的无线定位比室外要复杂得多,如墙和障碍物的存在使得室内无线传播通常是非视距的,信号在发射器与接收器之间传播的过程中往往会产生散射。相对于无线定位所假设的直线路径来说,这种多径传播会引起额外的信号强度损耗和额外的传输时间,从而导致定位精度降低^[13]。甚至人的存在和离开、门的开关、室内温度和压力等的变化也都会干扰无线信号传播。另外,由于通常情况下室内环境范围小,大多数应用需要 2 m 左右的精度。这些都对室内定位提出了极大的挑战,也极大地鼓舞人们去研究探索。

截至目前,人们在室内位置感知技术方面进行了大量研究^[11,14-16],我国也于近年启动了室内外高精度定位导航项目“羲和系统”作为“北斗”的配套项目^[17],但这些研究工作目前仍面临诸多挑战。室内定位

方法按是否需要目标携带设备可分为免设备的定位^[18]和基于设备的定位两大类^[19],前者不需要携带设备,利用目标对无线信号的影响进行定位,主要用于侵入和异常检测,目前尚在发展初期。当前,基于设备的定位依然是主流,这种方法用来定位设备或携带设备的人,常见设备有智能手机、iPad、传感器、标签等。典型的基于设备的室内位置感知方法有四类。

(1) 三角测量(triangulation)^[11],这一方法又称测距定位,常通过测量移动设备和多个基站之间的接收信号强度指示(received signal strength indication, RSSI)、到达时间(time-of-arrival, TOA)、到达时间差(time difference of arrival, TDOA)、到达角度(angle-of-arrival, AOA)或通过双边双向测距(SDS-TWR)^[20]获得距离、角度信息,进而通过三角化方法确定目标位置。这些方法中,除 RSSI 方法外都对基础设施和移动设备硬件有特殊的要求,但 RSSI 方法最容易受到干扰,定位精度低且不稳定。

(2) 接近感知(proximity)^[14,15],这种定位方法计算量最小,但往往只能提供粗粒度符号位置的定位结果。

(3) 信号指纹(fingerprinting)^[21],通过在线获取的信号和离线采集的信号指纹进行匹配来定位,无须特殊硬件,但需要预先构建并在以后不断维护信号指纹库,这将是一项非常费时、费力的工作。此外,即使人的正常移动往往也会影响定位结果^[22]。

(4) 航位推算(dead reckoning, DR)^[19,23,24],仅需要给定一个初始位置,即可利用移动设备自带的惯性传感器进行定位导航,没有烦琐的训练阶段,但精度有限且存在累积误差,需要不断进行校正才能保证一定的定位精度。

上述基于设备的定位方法中三角测量、接近感知、信号指纹等方法往往需要 Wi-Fi、蓝牙、红外、声学、RFID 等基础设施的支持,因此这些方法又称为依赖基础设施的室内定位方法,表 1-1 是一些依赖基础设施的典型室内定位系统的主要技术参数。航位推算属于自主式定位导航方法,通常不需要额外的基础设施支持。

表 1-1 依赖基础设施的典型室内定位系统技术参数

系统	技术	精度	成本	部署要求	局限性
GPSOne ^[5]	蜂窝网络+GPS	5~50 m	中	专门的服务器和终端	专门的手机芯片
Microsoft Radar ^[25]	Wi-Fi 指纹	4 m	低	每层楼 3 个 AP	训练和调整工作量大且易出错
Topaz ^[11]	蓝牙 RSS	2~3 m	中	每 2~15 m 一个基站	定位延迟大(15~30 s)
Active Badges ^[10]	红外	房间级	中	每个房间 1 个基站	易受光线等干扰
Cricket ^[26]	超声 TOA	0.15 m	中	每 16 平方英尺 1 个 Beacon	需要超声探测器
LANDMARC ^[27]	RFID RSS	3 m	中	每平方米 1 个参考标签	精度取决于参考标签数量
Ubisense ^[28]	UWB TDOA+AOA	0.15 m	昂贵	约 30 m 范围内 4 个基站	成本高昂
PlaceLab ^[29]	Wi-Fi+GSM 多模指纹	20~30 m	低	一定数量的 Wi-Fi AP	指纹建库和调整工作量大
nanoLoc ^[20]	CSS SDS-TWR	1~2 m	高	约 100~300 m 范围内 4 个基站	特殊的信号体制兼容性差

行人航位推算 (pedestrian dead-reckoning, PDR) 是一种基于智能终端传感器专用于行人的 DR 方法^[30,31], 利用包含加速度计、电子罗盘、陀螺仪的惯性测量单元 (inertial measurement unit, IMU)^[23] 来追踪行人位置。近年来, 随着智能手机为代表的智能移动设备的普及, 全球移动互联网使用量持续增长, 截至 2014 年 6 月, 中国移动网民规模达 5.27 亿人^[32]。现今的智能手机中大多内置了加速度计、电子罗盘、陀螺仪、气压计等微电子机械系统 (microelectromechanical systems, MEMS) 传感器^[33,34], 使得人感知环境的能力得到增强^[35]。鉴于传统依赖基础设施的室内定位技术存在诸多不足, 随着智能手机的普及和移动社交等各类新型位置服务的兴起, PDR 方法可实现自定位带来的部署成本低等特性更加受到研究者的青睐, 主流的室内定位技术逐渐演变成面向行人的室内定位追踪, 基于智能手机以 PDR 方法为基础的混合室内定位系统成为近年来一个新的研究热点^[19,36-41]。

近年来,基于智能手机的行人航位推算作为一项具有良好发展前景的室内位置感知技术备受关注。目前,国内外研究人员进行了许多研究工作,但由于室内环境及人的行为的复杂性、现有设备的局限性以及室内位置需求的多样性等,这项技术还面临许多挑战(详见 1.2 节)。另一方面,理论和实践已经证明,室内空间信息模型^[42]可以在基于 PDR 方法的行人位置感知中发挥不可替代的重要作用^[33],但总体上相关研究仍处于起步阶段,尚存在一些研究空白和没有解决好的科学、技术问题(详见第 2 章)。本书正是针对室内移动环境中空间信息及其模型支持下的行人位置感知计算方法中的一些关键问题展开研究与探索。

1.2 室内行人位置感知技术特点及研究挑战

1.2.1 相关概念

1. 位置的定义

有关位置的一些概念无论是在英文还是中文中都容易使人混淆,有些概念甚至至今没有明确的定义。本书在文献[42]和文献[43]对位置相关概念定义的基础上,结合本书研究领域和内容进行了如下定义。

绝对位置(absolute location):也称物理位置(physical position)。无论是在室外还是室内,绝大多数移动定位系统获得的位置往往是与某一空间参考系下的一个点对应的坐标串,即几何坐标。在确定这样一个位置的过程中存在两类抽象。第一类是物理对象到代表它的点的抽象;第二类是由物理空间中传感器观测值到某一空间参考系欧氏空间的映射。

符号位置(symbolic location 或 place):与物理位置相比,符号位置是一个有关扩展空间环境的认知概念。这样的位置往往有其结构,可以作为一个整体概念被认知。此外,这样的位置既可能存在一个真实

的边界,也可能不存在一个真实的边界。存在真实边界的符号位置往往对应一个由几何坐标构成的区域。作为一个认知的概念,符号位置有其标识,即名字,如东校区、东九楼、D9-A303 等,这些符号位置之间或符号位置与移动对象之间彼此相关联。

相对位置(relative location):相对位置通过描述一个位置与其他位置之间的关系来表达位置,常通过距离和方位进行表达,相对位置的主要特征是位置关系会随着参考点和/或目标点物理位置的改变而改变。事实上,很多情况下相对位置比绝对位置更加有意义。如在移动社交网络中,一个用户通常只想知道距离他或她最近的若干移动对象,或是在距其某一距离范围内包含哪些对象,并不关心自己和其他移动对象的绝对位置。

2. 行人位置感知

在室内移动计算环境中,行人位置感知除绝对位置感知外,还应该扩展到符号位置、相对位置的感知^[43, 44]。在依赖基础设施的室内定位系统中,一般通过判断目标是否在传感器的范围内来进行符号位置感知,而在 PDR 方法中显然只能在获取目标绝对位置的基础上通过符号位置的边界来判断。在相对位置感知中,移动对象之间的距离感知是支持范围查询、最近邻查询等相对关系计算的重要基础^[45]。由于室内空间两点之间的距离概念不同于欧氏空间的距离,这需要专门的研究。显然,相对位置计算以获取对象的绝对位置(物理位置)为基础。

本书中,室内行人位置感知是指以室内移动环境中的行人作为定位追踪目标的计算过程:通过感知行人所携带智能移动设备(如智能手机、iPad)惯性传感器的测量信息,检测行人步行事件,在室内空间信息模型支持下,估计行人的绝对位置,并可在此基础上获取其符号位置,以及获取行人与移动目标之间的距离和以距离为基础的范围包含、邻近等相对关系等。

在不影响理解的情况下,本书中“位置感知”和“定位”会进行互换。

1.2.2 室内空间特征及其对行人位置感知的影响

室内空间至今没有一个权威而确切的定义。但无论何种定义,室内空间往往是具有如下特征提供人活动的封闭空间^[7,12,46]。

1. 室内移动环境空间特征

空间约束:室内空间的范围广泛,与室外空间相比最大的不同就在于空间的约束,室外的欧氏空间几乎无任何约束,而室内空间天生就有来自于建筑物组件的约束,如墙壁、门、走廊、楼层和楼梯等。

变动性强:室内空间由于人类的特殊行为、意外的事件或自然因素,导致所包含实体的变动性强。例如,家具摆放位置的变动、某些墙体的拆除与新增,停电、火灾等事故会使得服务器和某些无线网络访问点停止工作等。

垂直重叠性:室外空间大部分都是平面上的扩展,而大多数的室内空间是垂直方向上的延伸,如多层建筑物是在垂直方向上用楼梯、电梯等来连通不同楼层或者其他建筑。多层性要求行人位置感知和建立空间模型时必须考虑层的识别、层与层之间的连接等。

实体特殊性:室内空间的静态实体中自然要素较少,都是人工设施,细小而繁多,包括水电、造型、灯光、家具等。人是室内空间为数最多的动态实体,也是众多行为的发起者,理所当然的主体,其日常行为主要包括建筑物内确定位置、寻找路径、社交查询等。

符号坐标:人类根据思维习惯,通常会对已完成自然分割的室内空间进行相应的语义化编号,或者是进一步进行功能区划分,即冠以特有的功能名称,为室内房间级定位提供了一种特殊的位置表达——符号坐标,该种坐标是静态语义的体现,易于使用,如 C12-N502(代表西十二教学楼-北 502 教室)。

移动目标速度低:与室外空间的移动目标(车辆、飞行器等)相比,室内空间的移动目标(行人、轮椅、购物车等)的速度较低,通常不需要高动态的定位设备。