

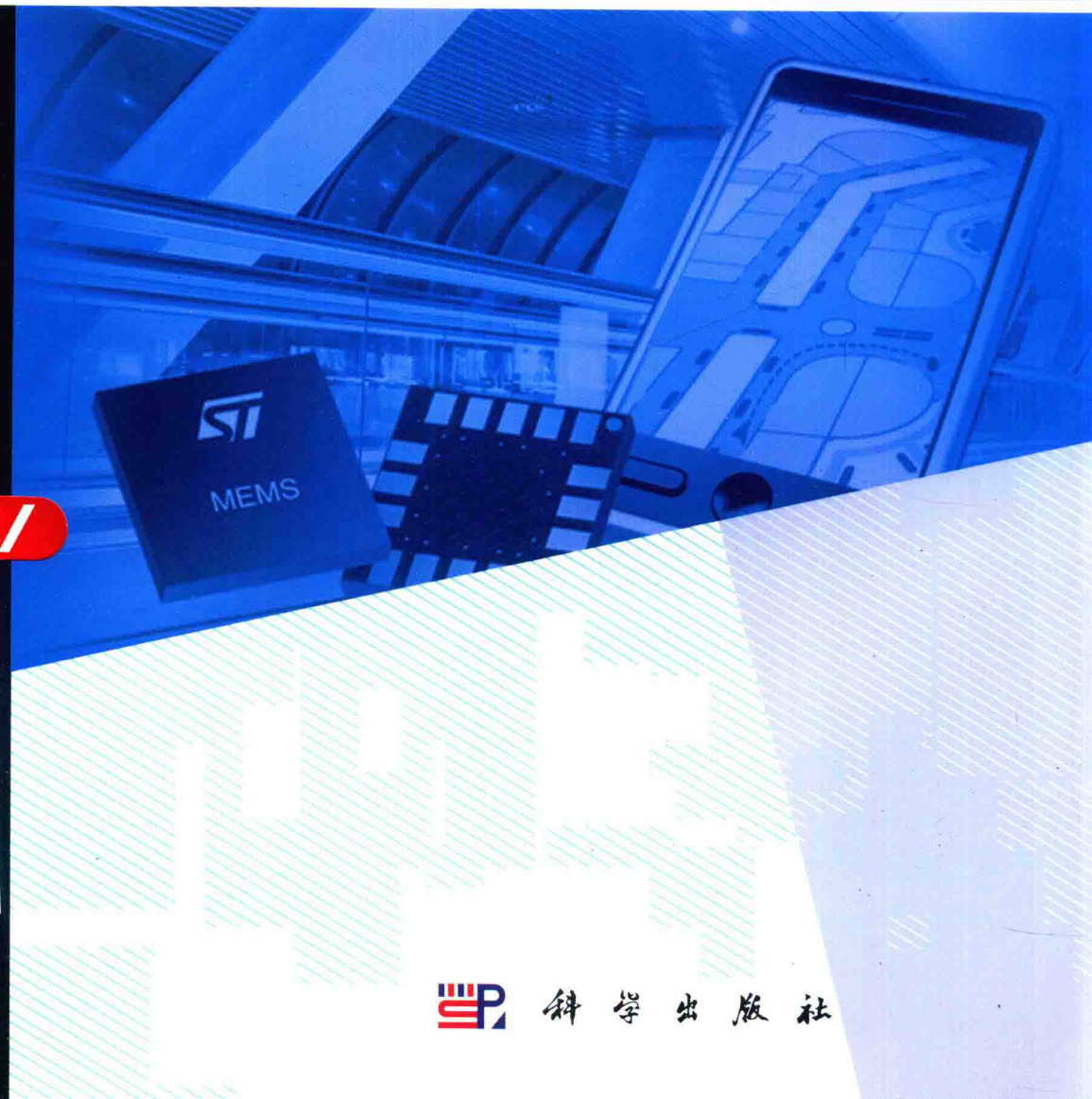


智能

科/学/技/术/著/作/丛/书

基于WLAN的位置指纹 室内定位技术

陈丽娜 著



科学出版社

智能科学技术著作丛书

基于 WLAN 的位置指纹 室内定位技术

陈丽娜 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以基于位置的服务(LBS)为背景,围绕如何降低 RSS 信号的随机性这一关键问题,对基于 WLAN 指纹定位的定位区域聚类、AP 选择以及 RSS 信号定位特征提取等主要内容进行了重点阐述。全书共 6 章,第 1~2 章介绍了位置服务与定位技术的发展和现状,第 3 章详细介绍了基于 WLAN 的位置指纹的定位理论,第 4 章详细阐述在 AP 密集分布的较大室内环境下 RSS 信号的分布特点,第 5 章重点阐述 RSS 信号的 AP 选择和特征提取技术,第 6 章则详细介绍了 RSS 信号的聚类算法和基于机器学习的室内定位方法。

本书可供从事室内定位技术研究的科研院所、设计部门和生产企业的技术人员参考,也适合高等学校通信工程、网络工程以及信息管理与信息系统等相关专业的师生使用。

图书在版编目(CIP)数据

基于 WLAN 的位置指纹室内定位技术/陈丽娜著. —北京:科学出版社, 2015

(智能科学技术著作丛书)

ISBN 978-7-03-043672-6

I. ①基… II. ①陈… III. ①无线电定位 IV. ①TN961

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 048522 号

责任编辑:朱英彪 / 责任校对:桂伟利

责任印制:张 倩 / 封面设计:陈 敬

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2015 年 10 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2015 年 10 月第一次印刷 印张:8

字数:145 000

定价:65.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《智能科学技术著作丛书》编委会

名誉主编：吴文俊

主 编：涂序彦

副 主 编：钟义信 史忠植 何华灿 何新贵 李德毅 蔡自兴 孙增圻
谭 民 韩力群 黄河燕

秘 书 长：黄河燕

编 委：（按姓氏汉语拼音排序）

蔡庆生（中国科学技术大学）

蔡自兴（中南大学）

杜军平（北京邮电大学）

韩力群（北京工商大学）

何华灿（西北工业大学）

何 清（中国科学院计算技术研究所）

何新贵（北京大学）

黄河燕（北京理工大学）

黄心汉（华中科技大学）

焦李成（西安电子科技大学）

李德毅（中国人民解放军总参谋部第六十一研究所）

李祖枢（重庆大学）

刘 宏（北京大学）

刘 清（南昌大学）

秦世引（北京航空航天大学）

邱玉辉（西南师范大学）

阮秋琦（北京交通大学）

史忠植（中国科学院计算技术研究所）

孙增圻（清华大学）

谭 民（中国科学院自动化研究所）

谭铁牛（中国科学院自动化研究所）

涂序彦（北京科技大学）

王国胤（重庆邮电学院）

王家钦（清华大学）

王万森（首都师范大学）

吴文俊（中国科学院数学与系统科学研究院）

杨义先（北京邮电大学）

于洪珍（中国矿业大学）

张琴珠（华东师范大学）

赵沁平（北京航空航天大学）

钟义信（北京邮电大学）

庄越挺（浙江大学）

《智能科学技术著作丛书》序

“智能”是“信息”的精彩结晶,“智能科学技术”是“信息科学技术”的辉煌篇章,“智能化”是“信息化”发展的新动向、新阶段。

“智能科学技术”(intelligence science & technology, IST)是关于“广义智能”的理论方法和应用技术的综合性科学技术领域,其研究对象包括:

- “自然智能”(natural intelligence, NI),包括“人的智能”(human intelligence, HI)及其他“生物智能”(biological intelligence, BI)。

- “人工智能”(artificial intelligence, AI),包括“机器智能”(machine intelligence, MI)与“智能机器”(intelligent machine, IM)。

- “集成智能”(integrated intelligence, II),即“人的智能”与“机器智能”人机互补的集成智能。

- “协同智能”(cooperative intelligence, CI),指“个体智能”相互协调共生的群体协同智能。

- “分布智能”(distributed intelligence, DI),如广域信息网、分散大系统的分布式智能。

“人工智能”学科自 1956 年诞生以来,在起伏、曲折的科学征途上不断前进、发展,从狭义人工智能走向广义人工智能,从个体人工智能到群体人工智能,从集中式人工智能到分布式人工智能,在理论方法研究和应用技术开发方面都取得了重大进展。如果说当年“人工智能”学科的诞生是生物科学技术与信息科学技术、系统科学技术的一次成功的结合,那么可以认为,现在“智能科学技术”领域的兴起是在信息化、网络化时代又一次新的多学科交融。

1981 年,“中国人工智能学会”(Chinese Association for Artificial Intelligence, CAAI)正式成立,25 年来,从艰苦创业到成长壮大,从学习跟踪到自主研发,团结我国广大学者,在“人工智能”的研究开发及应用方面取得了显著的进展,促进了“智能科学技术”的发展。在华夏文化与东方哲学影响下,我国智能科学技术的研究、开发及应用,在学术思想与科学方法上,具有综合性、整体性、协调性的特色,在理论方法研究与应用技术开发方面,取得了具有创新性、开拓性的成果。“智能化”已成为当前新技术、新产品的发展方向和显著标志。

为了适时总结、交流、宣传我国学者在“智能科学技术”领域的研究开发及应用成果,中国人工智能学会与科学出版社合作编辑出版《智能科学技术著作丛书》。需要强调的是,这套丛书将优先出版那些有助于将科学技术转化为生产力以及对社会和国民经济建设有重大作用和应用前景的著作。

我们相信,有广大智能科学技术工作者的积极参与和大力支持,以及编委们的共同努力,《智能科学技术著作丛书》将为繁荣我国智能科学技术事业、增强自主创新能力、建设创新型国家做出应有的贡献。

祝《智能科学技术著作丛书》出版,特赋贺诗一首:

**智能科技领域广
人机集成智能强
群体智能协同好
智能创新更辉煌**

涂序彦

中国人工智能学会荣誉理事长

2005年12月18日

序

当前,无线网络、移动智能终端的应用和普及得到了飞速的发展,随之基于位置的服务(location based services, LBS)也受到越来越多人的青睐。经济、及时、准确的室内位置消息将不断推动 LBS 的应用,并使其拥有巨大的市场空间和广阔的发展前景。该书针对基于无线局域网和接收信号强度的位置指纹室内定位技术的各个环节开展了较为深入的调查、研究和总结,将如何提高无线信号接收强度的可信度作为关键问题,把提高室内定位的可靠性和有效性作为研究目标,以基础理论研究为主,采用软件与硬件结合、仿真与实验并重的研究方法,阐述了 WLAN 指纹定位的定位区域聚类、接入点选择、接收信号强度、信号定位特征提取等主要技术环节的理论方案和可行性分析。书中第 4 章提出的改进型双高斯信号模型,较以往的高斯信号模型具有更好的拟合性,对提高定位精度具有实际的意义,该模型的提出具有一定的创新性和启发性。

在我国,室内定位技术的研究目前尚处于起步阶段,相信该书的出版一定会对我国室内定位技术的学术研究起到积极的促进作用,书中提出的研究方法和实验数据也将为业内的研究同行提供很好的参考和借鉴,并共同推动室内定位技术的发展。

董大南

2015 年 7 月

前 言

移动智能终端的广泛应用、无线网络的快速普及和大量应用,使得基于位置服务(location based services, LBS)的应用需求呈现出快速、大幅增长的趋势。目前, LBS 已经迅速发展并普及到了社会生活和生产的各个领域,逐渐显示出良好的技术发展前景和巨大的应用市场空间。借助位置信息需求,定位技术已与 LBS 的发展紧密联系在一起。其中,可靠而高效的室内定位技术是实现 LBS 的前提和关键所在。

在已有的室内定位技术中,大多都需要额外的专用硬件设施,定位成本高,并且定位精度和覆盖范围受硬件条件的限制,不利于 LBS 在室内环境的应用和推广。基于无线局域网(wireless local area network, WLAN)和接收信号强度(received signal strength, RSS)的室内定位技术,充分利用了现有的 WLAN 公共基础设施,无需其他专用设备,只需特定的定位软件,即可通过移动智能终端实现定位。基于 WLAN 的室内定位技术具有定位成本较低、能满足大多数室内应用对定位精度的需求的优点,已经成为室内定位技术的首选。但是,随着室内无线接入点的广泛部署和智能终端设备的不断增减,室内无线电传播环境也越来越复杂, RSS 表现出高度的多变性和复杂性,这严重影响了基于 RSS 的 WLAN 指纹定位系统的定位精度,给基于 WLAN 的位置指纹室内定位技术带来了全新的研究内容,也对研究工作者提出了更为艰难的挑战。

本书以 LBS 的实际应用需求为切入点,深入调查和研究了基于 WLAN 和 RSS 的位置指纹定位技术的相关背景、理论研究和实际应用,探讨如何降低 RSS 信号的随机性、如何进一步有效提高室内定位精度和置信率等关键问题。本书注重理论研究,运用多种研究方法,具体研究问题如下:

- ◇ 调查研究了室内 RSS 信号的分布特点。为了更好地描述 RSS 信号分布,书中选取了四种典型的室内环境(普通住宅、办公楼、教学楼和商场)进行信号收集,分析了人员、接收器方向以及样本数量对 RSS 信号的影响,提出了一种基于改进的双峰高斯模型(improved double-peak Gaussian distribution, IDGD)的定位算法。实验证明,与传统的基于直方图和高斯模型的定位技术相比,在保证相同定位精度的前提下,基于 IDGD 的定位算法可减少大约 70% 的样本数量。本书提出的 IDGD 算法可以大幅度地减少样本数量和数据采集工作量,节约定位成本,提高系统的定位精度。

- ◇ 研究了大定位目标区域的聚类问题。在较大范围的室内定位环境中, RSS 的统计特性变化更大, 若基于学习型定位算法, 对整个定位区域进行学习将增加算法的复杂度, 建立的定位模型也不是最优的, 不利于系统定位精度的提高。若采用聚类算法, 将大的定位目标区域划分为若干个较小的定位子区域, 并在每个定位子区域建立区域定位模型, 即可降低计算复杂度、提高定位精度。书中针对已有的聚类分块没有考虑信号的相关性从而导致分类精度不够高的问题, 提出了一种将 RSS 信号白化后再进行 k -means 聚类的算法。与 k -means 聚类算法相比, 本书提出的聚类算法可将聚类准确度平均提高 3.7%, 更利于降低系统计算复杂度, 节约终端能耗, 提高定位精度。
- ◇ 研究了接入点 (access point, AP) 选择的问题。来自不同 AP 的 RSS 信号所包含的信息量是不同的, 在当前各个公共热点高密度部署 AP 的情况下, 这种差异尤为明显。因此, 并非所有 AP 提供的 RSS 信号都有利于定位, 很多 RSS 信号可能受到各种噪声的影响, 含有大量的冗余信息, 不仅无法提高系统的定位精度, 反而会起到反作用。为此, 需要对 AP 的定位能力进行判别, 筛选出最优的 AP 集合用于定位。针对已有的 AP 选择算法没有考虑 AP 的查全率和查准率的问题, 本书基于信息熵理论, 提出了一种基于信息增益权重的 AP 选择算法。利用该算法优化后的 AP 定位子集合, 更利于去掉冗余的 AP, 提高定位算法的解算效率和定位精度。
- ◇ 研究了提取 RSS 信号的有效定位特征的问题。采用特征提取算法提取 RSS 信号的定位特征, 有利于去掉 RSS 信号所包含的冗余信息, 提高 RSS 信号的可信度。书中针对已有算法只考虑有效提取 RSS 线性特征的问题, 提出了一种基于核函数的直接判别分析 (KD-LDA) 算法, 可充分利用 RSS 信号的非线性特征。联合本书提出的聚类和 AP 选择算法, 采用学习机器支持向量回归定位模型, 使得 1m 内的定位精度置信概率达到 37.1%, 最大误差为 4.12m。与传统的定位算法相比, 可显著提高系统小误差定位 ($\leq 1\text{m}$) 的概率, 缩小系统的定位误差范围, 优化系统的定位性能。

本书的撰写和出版得到了华东师范大学博士生导师郑正奇教授、国家“千人计划”董大南教授的支持和帮助, 在此表示深深的感谢。本书的出版也得到浙江省计算机科学与技术重中之重学科的资助, 同时国家自然科学基金项目 (61272468、61372086) 对本人的科研工作提供了环境及经费的支持, 在此表示感谢。

对于书中出现的不妥之处, 恳请广大读者批评指正。

作者

2015 年 5 月

目 录

《智能科学技术著作丛书》序

序

前言

第 1 章 引言	1
1.1 位置信息服务	1
1.2 LBS 定位技术的发展	3
1.3 定位技术的新挑战	5
本章小结	6
第 2 章 位置服务与定位技术	7
2.1 定位技术的发展	7
2.2 无线局域网与室内定位	10
2.3 LBS 的发展及应用	12
2.3.1 LBS 的发展	12
2.3.2 LBS 的应用	15
2.4 基于 WLAN 的室内定位技术	16
2.5 典型的室内定位系统	20
2.5.1 早期的室内定位系统	20
2.5.2 基于 WLAN 位置指纹的室内定位系统	21
本章小结	23
第 3 章 位置指纹和 WLAN 定位理论	24
3.1 WLAN 室内定位技术	24
3.1.1 WLAN 基本工作原理	24
3.1.2 基本定位方法	26
3.2 位置指纹定位技术	30
3.2.1 WLAN 指纹定位基本工作原理	30
3.2.2 位置指纹数据库	32
3.2.3 位置指纹定位算法	36
本章小结	42
第 4 章 基于 IDGD 模型的定位算法	43

4.1 RSS 的统计分布特性	44
4.1.1 RSS 与位置匹配的关系	44
4.1.2 人对 RSS 的影响	44
4.1.3 接收器朝向对 RSS 的影响	48
4.1.4 样本数量对 RSS 的影响	50
4.2 基于 IDGD 模型的室内定位算法	54
4.2.1 RSS 分布特征	54
4.2.2 双峰高斯模型	56
4.2.3 基于 IDGD 的室内定位算法	57
4.3 实验结果与分析	58
本章小结	60
第 5 章 RSS 信号预处理	61
5.1 成分分析与核函数	62
5.1.1 Mercer 定理	63
5.1.2 基于核的 Fisher 判别分析	64
5.1.3 核直接判别分析法(KD-LDA)	65
5.2 基于信息增益权重的 AP 选择算法	67
5.2.1 信息增益权重准则	68
5.2.2 信息增益计算	69
5.3 联合核直接判别和 AP 选择的定位算法	70
5.4 实验结果与分析	71
5.4.1 AP 选择算法分析	72
5.4.2 特征选择算法分析	77
本章小结	80
第 6 章 基于机器学习的室内定位算法	81
6.1 聚类算法的研究现状	81
6.2 白化的 RSS 信号 k -means 聚类算法	82
6.2.1 数据预处理	85
6.2.2 参数设定	86
6.3 基于白化 RSS 信号的 k -means 聚类与 SVR 学习定位算法	86
6.4 实验结果与分析	89
6.4.1 聚类算法分析	89
6.4.2 SVR 定位参数分析	93

6.4.3 算法复杂度分析	97
6.4.4 机器学习算法定位性能	98
本章小结.....	100
参考文献.....	101

第1章 引言

“我在哪里?”这是一个由古至今人们一直在问的问题。清晨醒来,我知道自己在×××路×××号;工作的时候,我知道自己在浙江师范大学信息大楼 308 房间……位置信息对于每一个人来说都是非常重要的,在我们的日常生活中不难发现很多这方面的案例:

- ◇ 下午 5 点,孩子还没有放学回家,父母会因为不知道孩子在哪里而担心。
- ◇ 紧急救援时,求救者会被问到他(她)在哪里。
- ◇ 在旅游地的游客会不停地拿着手机翻看电子地图,确定自己在哪里、该如何到达下一目的地。

……

在互联网普及之前,一个人要到自己不太熟悉的地方购物,需要事先找人反复打听。即使这样,恐怕还要做很多准备工作,例如,找地图、找商场、找路线;翻阅报纸、杂志寻找各种商品信息;关注餐厅的广告,查找附近的餐厅……

但到了信息时代,情况发生了改变。只要连上互联网,输入人们想知道的内容,通过搜索引擎就能解决问题。是什么使人们的任务变得如此轻松了呢?隐藏在琳琅满目的自动化服务背后的是一个共同的信息——位置。因此,充分利用网络资源随时了解“人”或“物”的位置信息,这正在深刻地改变着人们的生产和生活方式,给人们带来极大的便利。

1.1 位置信息服务

位置信息可以说是最重要的信息之一。在军事上,地理因素经常对战局起着关键性的作用;在日常生活中,位置信息也有着重要的作用。位置信息不仅仅是空间信息,具体而言,包括三大因素:所在的地理位置、处在该地理位置的时间、处在该地理位置的对象(人或设备)。也就是说,位置信息承载了“空间”、“时间”、“人物”三大关键信息,其内涵可谓十分丰富。利用这些信息,不仅可以“因地制宜”,提供所在地附近的相关服务,还可以“见机行事”,提供时效性更佳的服务,更可以“因人而异”,提供个性化的定制服务。

位置信息如此重要,如何获取位置信息就理所当然地成为了互联网时

代的一个重要研究课题。从 20 世纪 90 年代开始,基于位置的服务(location-based services,LBS)逐步进入人们的视线。LBS 指通过适当的定位技术获得移动终端的空间物理位置信息,将位置信息提供给用户本人、通信系统或第三方,从而实现与位置有关的各种业务。通过 LBS,不仅可以知道移动终端所处的空间或位置,而且能够由终端位置或空间推断出移动用户的可能意图或者需求^[1]。随着基于用户位置信息的相关技术的应用和发展,LBS 已经成为人们日常工作、生活所必需的一项基本服务需求^[2,3]。借助于位置信息需求,定位技术的发展与 LBS 紧密地联系在一起了。表 1-1 列出了 LBS 的主要应用。

表 1-1 目前常见的 LBS 应用

应用范围	案 例
公共安全	美国的紧急救助专线 E911 欧洲的 E112 美国和加拿大的琥珀警戒(amber alerts)
商业安全	员工安全/安全地带监控 企业资产的区域保护 管理者职业道德监控
家庭安全	家庭成员定位 孩子放学后监控 幼儿跟踪,逃学、旷课监控 宠物跟踪 特殊地带跟踪(WiFi 定位)
商务职能/流程	现场销售人员管理 现场技术调度,装订工序,工艺路线 车队管理,交接途径,车辆管理 办公室出勤,即时通信 设备探测器,办公室位置探测器
手机游戏	彩弹游戏 “躲猫猫”游戏
社会应用	数据共享 合作探测 城市向导 流动职守 移动钱夹

续表

应用范围	案 例
垂直行业	医药(WiFi 定位) 公共铁路 商场百货 货运行业 保险业 建筑业 法律援助 安全服务 零售
教育	敏感位置(WiFi 分区) 校园导航 社区联通
遥感	导航助手 距离警报 财产安全跟踪 安全防护

1.2 LBS 定位技术的发展

2012 年 10 月初,百度公司正式将地图部门拆分,成立独立的 LBS 事业部,与百度移动·云事业部一起成为百度移动互联网战略中并行的两个部门。百度董事长兼 CEO 李彦宏在 2012 年第三季度财报会议上披露,百度地图用户已经达到 7700 万,新成立的事业部已经开发了“百度身边”、“百度路况”等一系列 LBS 的应用。

无独有偶,2012 年 10 月末,淘宝低调推出了本地生活的地图搜索功能,在此模式下,用户可以用地图的模式查看周边优惠和生活服务等相关信息,这表示淘宝在推出“淘宝本地”、“淘宝旅行”和“一淘逛街”等应用之后,又在进一步以地图和位置服务的方式连接本地用户和商户。

2012 年 8 月,大众点评移动客户端的独立用户突破 4000 万,与 2011 年同期相比增长 400%,移动客户端的流量超过 PC 端。大众点评网 CEO 张涛在《商业价值》杂志中谈到,通过 LBS 和移动互连,在过去近十年时间里积累了广泛本地商户资源的大众点评网,终于初步完成了在移动终端上与用户沟通渠道的打通。

目前,高德地图也已经拥有 7000 余万用户,尤其在苹果公司的 iOS 平台进行深度地图内置之后,高德的用户流量大大增加。高德公司正在不断寻求携程等拥有线下商户内容的合作者,以期用地图为关键衔接点,实现用户与商户的对接。高德公司以 LBS 为契机,从一家专业地图公司转变成向上整合资源、向下直面用户的平台级公司。与移动互联网发展初期简单的基于“签到”和社交的 LBS 战争不同,到了 2014 年,众多原本属于不同领域、核心竞争力也大不相同的公司越来越多地走到了一起,从 LBS 到基于用户的生活服务,正在进行一场链条更加复杂、影响也将更为深远的关键战役。如果说地图代表的是整个世界的位置,那么对每个手持移动终端的个体来说,GPS 让他拥有了随时确定自己位置的能力。而定位自己,最终仍要回到与整个世界的位置匹配中,根据用户的需求去实现。

在我国,武汉大学李德仁院士早在 2002 年就提出开展空间信息与移动通信集成应用的研究,在短短 10 余年过后,LBS 技术的研究与应用在我国得到了迅速的发展。

我国的 LBS 商业应用始于 2001 年中国移动首次开通的移动梦网品牌下的位置服务。2003 年,中国联通也推出了“定位之星”业务。在使用这项服务时,只要在手机上输入出发地和目的地,就可以查到开车路线;用语音导航,可以得到实时提示;能够实现 5~50m 的连续、精确定位,并提供地图下载和导航类的复杂服务。2006 年年初,中国移动在北京、天津、辽宁和湖北 4 个省市进行了“手机地图”业务的试点运行,为广大手机用户提供地图相关的各种位置服务。如今,这些应用几乎已经走进我们每个人的生活之中。

2006 年,互联网地图的出现加速了我国 LBS 产业的发展。众多地图厂商、软件厂商相继开发了一系列在线的 LBS 终端软件产品。此后,伴随着无线技术和硬件设施的完善,LBS 行业在国内迎来一个爆发增长期。艾媒市场咨询研究数据显示,我国 LBS 个人应用市场 2008 年的规模为 3.35 亿元,2009 年突增为 6.44 亿元,2010 年达到 9.98 亿元。到 2013 年,中国 LBS 个人应用市场总体规模突破 70 亿元,五年来的增幅惊人。在 Web 2.0 浪潮的冲击下,国内涌现出了诸多新兴的 LBS 应用提供商,他们专注于基于手机的 LBS 应用开发,利用 LBS 手机软件或 Web 站点向用户提供个性化的 LBS 应用。从目前来看,尽管国内的 LBS 市场不断成熟,但是 LBS 个人应用领域的发展还没有进入理想状态。

可见,移动位置服务拥有着巨大的市场规模和良好的盈利前景,但当前的实际进展仍比较缓慢。随着产业链的完善,移动位置和位置服务的市场将有望进一步壮大。移动位置服务的市场推广和广泛应用的前提之一就是定位精度。定位精度一方面与提供业务的外部环境有关,包括无线电传播环境、基站的密度和地理位置以及定位所用设备,另一方面还要取决于所采用的定位技术。

随着4G网络的普及和流行,我国的LBS市场将会越来越完善,目前国内已经有许多厂商正在研发相关终端产品,结合自身搭建的系统平台,实现对终端的精确定位和历史轨迹查询等功能。可以相信,LBS在中国将会迎来一个广泛应用和推广的爆发期。

1.3 定位技术的新挑战

定位技术的研究已经有数十年的历史,世界上存在着很多成熟的定位系统,定位技术也发展到一个很成熟的阶段,然而物联网的兴起和发展,对定位技术又提出了许多新的挑战。

(1) 物联网环境的两大显著特点就是网络异构和环境多变。接入网络的设备五花八门,而连接的网络更是各具特色,如何让不同的设备在不同的网络下能够进行准确的定位,将成为定位技术研究的一个新挑战。

(2) 物联网环境下的信息安全和隐私保护也是一大课题。科学技术往往是把双刃剑,位置信息的内涵非常丰富,在享受高精度的定位技术的同时,我们也将面临更大的安全风险。高精度的位置信息一旦泄露,若被不法分子推测出人们的各种隐私信息,将会造成非常严重的后果。因此,在物联网时代,在充分利用好位置信息的同时如何保护好用户的个人隐私,也是定位技术研究的一个新课题。

(3) 物联网时代,定位技术需要收集和处理的的数据是十分庞大的,而且在实际应用中,采样过程相当复杂,目前对其的理解尚不尽如人意。另外,当数据是通过众包或海量在线获取时,网络采样的困难也是多重的。因此,可采用合适的采样模式来估计所需的量值,以加快定位系统的响应速度而不失统计的准确性。尽管科学数据集通常具有偏斜的分布特性,但并非所有分布都符合高斯或泊松分布,这种情况下,如何进行数据采样是另一个值得研究的课题。