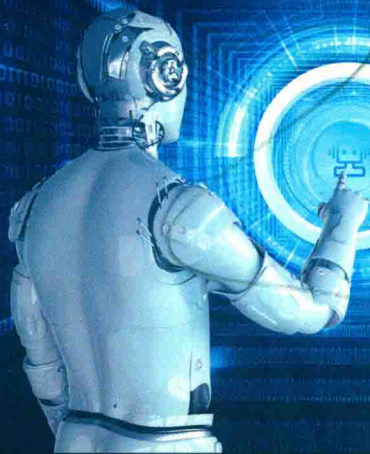




智 / 能 / 感 / 知 / 技 / 术 / 丛 / 书

基于人机物协同的 群智感知技术

张波 张征 高慧 著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



智 / 能 / 感 / 知 / 技 / 术 / 丛 / 书

基于人机物协同的群智感知技术

张波 张征 高慧 著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

群智感知是随着智能硬件的兴起而产生的最具前景的数据收集方式之一,当前已经在寻人、寻物等大数据领域取得了广泛的应用。但随着无人机等新型无人智能设备的出现,群智感知迎来了新的机遇和挑战。本书主要探讨群智感知技术的前沿问题,特别关注基于“人-机-物”协同的群智感知关键技术。

本书从群智感知的研究背景、发展现状和相关技术出发,系统地对多任务环境下的参与者选择、基于能耗的感知动作推荐、基于协作的参与者隐私保护、基于互信息最大化的协同数据采集、基于深度学习的无人机调度规划以及群智感知的其他应用进行介绍和分析。本书适合对群智感知等物联网技术感兴趣的相关人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

基于人-机-物协同的群智感知技术 / 张波, 张征, 高慧著. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2022. 8

ISBN 978-7-5635-6726-3

I. ①基… II. ①张… ②张… ③高… III. ①智能传感器—数据采集 IV. ①TP212.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2022)第 145458 号

策划编辑: 姚 顺 刘纳新 责任编辑: 姚 顺 谢亚茹 责任校对: 张会良 封面设计: 七星博纳

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号

邮政编码: 100876

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 唐山玺诚印务有限公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 12.5

字 数: 236 千字

版 次: 2022 年 8 月第 1 版

印 次: 2022 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-6726-3

定 价: 48.00 元

· 如有印装质量问题, 请与北京邮电大学出版社发行部联系 ·

智能感知技术丛书

顾问委员会

宋俊德 彭木根 田 辉 刘 亮 郭 斌 王卫东

编 委 会

总主编 邓中亮

编 委 周安福 郑霄龙 刘 杨

赵 东 张佳鑫 范绍帅

崔高峰 张 波

总策划 姚 顺

秘书长 刘纳新

前 言

随着计算机软硬件技术的发展,物联网、云计算、大数据、人工智能等技术逐渐渗透于经济社会的各个领域。作为信息化基石的数据在各行各业的发展中起着至关重要的作用,数据的收集、处理、应用技术也有日新月异的发展。在传统的获取过程中,低效率的人工测绘等方式难以满足当前大数据应用的需求。虽然物联网技术引发了数据获取的新一轮革命,但物联网设备多为低功耗设备,无法对大范围的环境进行感知,如果要同时部署充分满足感知任务需求的传感器,必然会带来不菲的安装、维护成本。

随着以智能手机、手表为代表的智能终端用户数量的增长,各种高性能的传感器也逐渐融入人们的生活,人们开始以各种方式分享数据,这些数据极大地丰富了人们的日常生活,也对整个社会产生了深远的影响。例如,借助于用户上传的移动速度、位置等信息,地图软件能够精准地向用户展示当前的交通状况,从而达到一种“我为人人、人人为我”的境界。在这种情况下,群智感知(Crowd Sensing)顺势而出。群智感知将智能终端用户作为感知节点,将其携带设备所包含的传感器作为感知单元,通过人们有意识或无意识的参与来收集任务所需的数据。人们的主观能动性使得群智感知不但降低了数据收集的成本,也提高了数据收集的多样性和可靠性。同时,群智感知可以随着移动互联网和传感器硬件的发展而不断进化,具有传统传感器网络无法比拟的优势,可用于完成复杂的社会化感知任务。同时,随着5G商用的加块、NB-IoT等标准的制定,群智感知将在以智慧城市为代表的大数据应用中发挥越来越重要的作用。

然而,受移动终端设备的高度异构性、动态多变性与数据收集过程中参与者的主观性等因素的影响,通过群智感知系统收集到的数据在精度、覆盖度、时延等方面存在动态不确定性。一方面,只有在群智感知中应用合理的收集机制和管理手段,才可以有效防止感知服务频繁失效,保证群智感知数据收集的服务质量;另一方面,通过协作机制,可以让部分参与者不将自己的信息完全暴露给服务器,从而可以在某种程度上降低参与者的安全风险,有效提高参与者对感知任务的认可度和参与热情。

此外,在地震、战争、核泄漏等极端场景中,感知环境极其恶劣,通信、补给困难,人类的活动范围十分有限,群智感知系统也难以发挥其应有的作用。而随着无人机、无人驾

驶汽车等新一代智能设备的出现和使用,群智感知的数据收集能力大大加强,如无人机可以在短时间内到达人们难以到达的区域、无人驾驶汽车可以携带大量的高性能传感器和高容量电源等,这使得群智感知可以收集到分布更为广泛、精度更高的感知数据。依托以无人机、无人驾驶汽车为代表的无人智能设备,群智感知将逐渐演变成融合“人-机-物”等多种异构感知节点的协同感知,从而能够更好地通过收集数据来完成对危险甚至极端物理环境的还原。但是新一代智能设备的巨大差异性导致群智感知网络的复杂性大大增加,同时新一代智能设备的能量消耗、使用成本与智能手机差距较大,这都给新一代智能设备的普及带来了一定的困难。这就使得群智感知系统必须对无人智能设备进行合理的管理、选择和调度,让它们能够与智能终端用户进行有效的配合,从而实现无人智能设备的高效利用。

因此,为了让无人智能设备更好地应用于群智感知,推动群智感知系统的发展和进化,需要考虑各种因素,根据场景类型、时间、地区等不同的因素对不同类型的感知节点进行调度,从而高效地完成感知任务。随着服务器及感知设备硬件性能的提高、神经网络等优秀算法的不断出现和改进,通过异构感知节点的调度,群智感知将能够完成越来越复杂的感知任务。因此,以无人机为代表的无人智能设备对群智感知系统而言既是机会,也是挑战。

本书共9章,除第1章绪论外,第2章对群智感知的相关工作和技术点进行综述;第3章主要研究多任务环境下的参与者选择,对于群智感知系统,如何选择合适的参与者是最基本、最关键的问题;第4章主要研究基于能耗的感知动作推荐,从而让被选择的参与者能够主动地参与到群智感知任务中来;第5章主要研究基于协作的参与者隐私保护,解决参与者参加感知任务的后顾之忧;第6章主要研究基于互信息最大化的协同数据采集,解决在参与者加入任务后,如何通过参与者之间的协作来更好地完成感知任务的问题;第7章研究基于深度学习的无人机调度规划,通过引入无人智能设备,进一步提高群智感知的应用范围;第8章介绍一些其他的群智感知应用;第9章对本书的研究工作进行总结和展望。使用真实数据集得到的仿真实验结果显示,本书所提出的方法能够很好地解决群智感知系统的数据来源问题,使群智感知系统能够更好地为人们的生产、生活贡献力量。

本书受国家自然科学基金项目(基金编号:61802022、61802027、62002025)、工业互联网创新发展工程项目(基金编号:TC210A02K)和河北省重点研发计划项目(基金编号:21310102D)的资助。

作者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 研究背景	4
第 2 章 群智感知相关工作	11
2.1 引言	11
2.2 群智感知相关技术点	13
2.2.1 感知服务平台建设	13
2.2.2 参与者选择	14
2.2.3 资源优化	15
2.2.4 感知动作推荐	16
2.2.5 参与者协作	17
2.2.6 激励、惩罚机制	17
2.2.7 隐私保护	19
2.2.8 感知数据挖掘	21
2.2.9 感知节点调度	23
2.2.10 群智感知应用	27
第 3 章 多任务环境下的参与者选择	30
3.1 引言	30
3.2 参与者选择因素	33
3.2.1 感知任务因素	33
3.2.2 参与者因素	35

3.3 系统模型	38
3.3.1 系统架构	38
3.3.2 信息质量满足度模型	39
3.3.3 感知任务预算公平度模型	41
3.4 基于预算使用公平性的参与者选择策略	42
3.4.1 最优化问题定义	42
3.4.2 感知任务权重模型	42
3.4.3 最优化问题解决方案	43
3.5 实验设计与结果分析	45
3.5.1 实验设计	45
3.5.2 结果分析	47
第4章 基于能耗的感知动作推荐	51
4.1 引言	51
4.2 系统模型	53
4.3 基于能耗的感知动作推荐模型	55
4.3.1 信息质量满足度指数	55
4.3.2 基于能耗的感知动作推荐模型描述	56
4.4 基于参与者意愿的参与者选择策略	59
4.4.1 最优化问题定义	59
4.4.2 最优化问题解决方案	60
4.5 实验设计与结果分析	63
4.5.1 实验设计	63
4.5.2 结果分析	65
第5章 基于协作的参与者隐私保护	73
5.1 引言	73
5.2 系统模型	75
5.2.1 系统架构	75
5.2.2 参与者感知能力和激励模型	76
5.2.3 参与者隐私保护模型	77

5.3 基于参与者协作的隐私保护机制	78
5.3.1 参与者选择中的隐私保护机制	78
5.3.2 混淆机制	82
5.3.3 数据聚合及激励、惩罚机制	83
5.3.4 隐私保护水平分析	84
5.4 实验设计与结果分析	85
5.4.1 实验设计	85
5.4.2 结果分析	86
第6章 基于互信息最大化的协同数据采集	93
6.1 引言	93
6.2 系统模型	95
6.3 系统架构及流程	97
6.4 基于有限数据的环境数据重建	100
6.4.1 数据重建	100
6.4.2 传感器路径规划	102
6.5 基于蚁群优化算法的移动传感器路径规划	104
6.6 实验设计与结果分析	106
6.6.1 实验设计	106
6.6.2 结果分析	107
第7章 基于深度学习的无人机调度规划	115
7.1 引言	115
7.2 系统模型	118
7.2.1 系统流程	118
7.2.2 基于卷积神经网络的特征提取	119
7.3 基于深度强化学习的解决方案	120
7.3.1 深度强化学习技术	120
7.3.2 调度问题定义	123
7.3.3 考虑充电点的无人机巡航路线规划算法	125
7.3.4 考虑交通状况的无人充电车快速路径规划算法	127

7.4 实验设计与结果分析	129
7.4.1 实验设计	129
7.4.2 结果分析	130
第8章 群智感知的其他应用	136
8.1 引言	136
8.2 系统模型	138
8.2.1 系统架构	138
8.2.2 参与者感知能力和感知任务信息质量模型	140
8.2.3 基于用户协作的参与者选择策略	141
8.2.4 聚合单元分配	144
8.2.5 基于用户协作的感知数据聚合机制	144
8.2.6 基于数据收集准确度的参与者信誉制度	146
8.3 基于群智感知的动态事件发现	147
8.3.1 基于能耗的参与者干扰度模型	150
8.3.2 基于参与者干扰度的参与者选择策略	151
8.4 实验设计与结果分析	152
8.4.1 实验设计	152
8.4.2 结果分析	152
第9章 总结和展望	158
参考文献	162

第 1 章

绪 论

1.1 引 言

以互联网为代表的信息技术的发展为中华民族的伟大复兴提供了广阔的平台,让我国可以与世界各国一起迎接新的机遇和挑战。互联网蓬勃发展的时期被认为是我国适应全球发展变化、提升综合国力和影响力的关键时期。新时期国家发展战略的制定不仅会影响我国未来经济社会的发展,也会在深层次分析、挖掘我国的发展潜力和能力,从而为制定更长久的发展战略奠定基础。随着科技的发展,信息化必然在未来长期发挥重要作用,成为解决各种新问题的有效手段。信息化也加深了不同部门、不同单位、不同地区等之间的合作,有效地避免了重复劳动,提高了工作效率和服务水平。

受多方面因素的影响,我国的信息化发展并非一帆风顺,至今仍存在一些尚未解决的问题和不足之处,如业务区域化特征突出、水平参差不齐、线下数据数字化难度较高、线上数据的开发利用程度较低等。这些问题直接影响了我国信息化发展的速度,使得信息化无法在传统行业中发挥应有的作用,也使得现有的应用和业务不足以快速响应外界变化,难以进一步推动社会和经济的发展。但科技的进步、信息化和管理相关技术的发展为我国在未来解决这些问题提供了新的契机。

新时期的信息化战略除了要解决现有问题,更重要的是放眼未来,应对新的机遇和挑战:首先,将信息安全提升至国家安全层面;其次,在信息化建设中引入云计算、大数据等新兴技术;第三,构建新型的信息化管理架构,加速传统行业的信息化进程;第四,挖掘数据价值,推动信息化的全面进化。因此,未来相当长的一段时间都将是我国信息化产

业迅速发展的黄金时期,而我国也提出过多项与信息化相关的发展战略:

(1) 国家安全战略和网络强国战略。国家安全能够确保国家社会经济的顺利发展,保障人民的生命财产安全。随着传统行业信息化程度的不断提高,网络安全问题越发凸显,保障网络安全自然也就成了国家安全战略的一部分。同时,网络也在不断地改变着人们的生产和生活,推动着社会的发展和进步、各行各业的改革和创新。而网络与数据是不可分割的,因此网络安全也就意味着数据安全,所以如何保障数据是信息化技术发展的关键内容。

(2) 《中国制造 2025》与“互联网+”。随着信息化进程的加速,传统制造业焕发了新的活力。通过《中国制造 2025》行动纲领,机器人等新兴技术的应用将大大提高我国制造业的综合实力,被外商垄断的高科技产品也将逐步实现自主设计、开发和生产。同时,“互联网+”则更鲜明地让制造业和云计算、大数据等新兴的信息化技术相结合,让传统行业接纳、吸收新兴技术并促进自身的革新。而依托传统行业,互联网企业将更容易走出国门,顺利开拓国际市场。因此,《中国制造 2025》与“互联网+”是密不可分的,使用信息技术分析、挖掘传统制造业相关数据的价值,实现传统制造业的升级创新,将是信息化技术应用的必经之路。

(3) 国家大数据战略。通过大数据技术,数据将实现从数字到信息再到知识的飞跃。大数据不但可以改善人们的工作生活、为社会经济发展加入新的动力,也可以为国家管理部门提供高价值的决策依据。如今,世界各国都认为利用大数据技术可以有效保障国家的安全、提高国家的科技竞争力。而大数据的发展离不开数据本身,因此在传统行业和新兴行业中如何最为有效地收集数据、如何在已收集的数据中提取高价值信息,是信息化技术发展至关重要的一步。

这些重大的信息化战略将加快我国行业信息革命的进程,物联网、云计算、大数据、人工智能等技术将广泛应用到经济社会的各个领域。因此,作为信息化基石的数据必将在各行各业的发展中起到至关重要的作用,数据的收集、处理、应用技术也将会有日新月异的发展。在传统的获取数据过程中,低效率的人工测绘等方式难以满足当前大数据应用的需求。虽然物联网技术引发了数据获取的新一轮革命,但物联网设备多为低功耗设备,无法对大范围的环境进行感知,如果要同时部署充分满足感知任务需求的传感器,必然会带来不菲的安装、维护成本。随着以智能手机为代表的智能终端用户数量的增长和用户认知程度的提高,群智感知(crowd sensing)^[1]顺势而出。

群智感知将智能终端用户作为感知节点,将其携带设备所包含的传感器作为感知单元,其架构如图 1-1 所示。人们的主观能动性使得群智感知不但降低了数据收集的成本,

也提高了数据收集的多样性和可靠性。例如,Common Sense 项目^[2]提出了一种参与式感知系统,该系统通过用户自身测量其周围的空气污染程度,也有研究者提出了一个收集并共享噪声污染信息的系统^[3],等等。同时,群智感知可以随着移动互联网和传感器硬件的发展而不断进化,具有传统传感器网络无法比拟的优势。与传统的数据收集方法相比,群智感知不但可以扩大数据收集、传输网络的覆盖范围,还具有数据收集成本低、可靠性高、支持数据类型更为广泛等特点^[4],可用于完成复杂的社会化感知任务。同时,随着 5G 商用速度的加快、NB-IoT 等标准的制定,群智感知将在以智慧城市为代表的大数据应用中发挥越来越重要的作用。例如,在公共卫生领域,通过收集市民的身体状况数据可以对传染病等疫情进行监控,从而有效降低疫情暴发带来的影响;在交通运输领域,通过获取道路和车辆的信息,可以实现对城市交通的实时监控和管理,还可以为城市规划等政府决策提供重要数据依据;在环境保护领域,通过收集城市内的环境数据,可以得到城市细粒度实时空气质量、噪声等信息,对控制污染和保护人们的身体健康有着重要的意义。

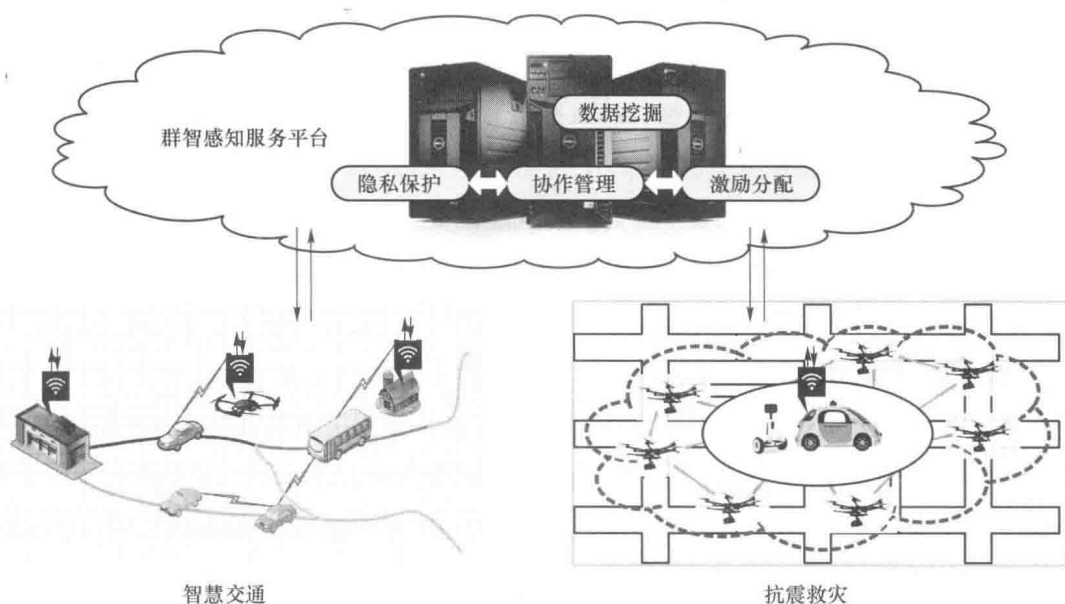


图 1-1 群智感知示意图

我国信息化相关的国家重大战略和规划给相关行业提出了新的要求,同时带来了新的问题和挑战,群智感知也将面对越来越复杂的感知任务。在地震、战争、核泄漏等极端场景下,依托传统智能终端设备已然无法保证感知任务的顺利完成。随着以无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)为代表的智能设备的快速发展,群智感知被注入了新



的活力,应用范围被大幅度扩展。但机会与挑战往往是并存的,如何将新型的智能终端设备完美融入群智感知,还有待人们进一步研究和探索。

1.2 研究背景

在传统行业中,数据多通过人工测绘等方式获取,这种方式不但成本很高,灵活性也很差,已无法满足新兴行业的海量数据需求。因此,当前急需一种新的技术来解决数据收集问题。

物联网技术^[5-7]的出现让人们找到了解决数据收集问题的新思路。物联网技术是将物理世界中的物体接入互联网,使之能够相互间或与其他设备间进行信息交互,以实现物体的识别、定位、跟踪、监控和管理等。物联网以互联网为基础,并对其进行了延伸和扩展,实现了虚拟信息世界和现实物理世界的统一。物联网融合传统的感知识别、普适计算、网络互联等技术,被认为是继计算机技术、互联网技术之后引导信息产业第三次发展浪潮的主要力量^[8-9]。当前,物联网技术得到了世界各国政府、学术界和工业界的广泛关注,并已经引发了互联网界的新一轮革命。如今各种物联网设备层出不穷,不断融入和改善人们的工作、生活。

通过物联网技术,在容易发生交通事故的位置安装传感器设备,并将其接入互联网,就可以实现对交通信息数据的实时收集。但传感器设备的感知范围、信号传递范围有限,因此只有大量部署传感器才能实现目标区域的完全覆盖,同时传感器设备也需要定期维护和更新,这无疑会引发巨大的资金需求。

而随着传感器硬件的发展,以智能手机为代表的智能终端设备集成了种类越来越多、功能越来越强大的传感器,从而具有了丰富的感知能力和强大的计算能力,如借助于GPS传感器、运营商基站、WiFi等技术,当前的智能手机已经可以将定位误差控制在米级,甚至更低,而且定位速度很快,只需几秒即可完成精准的定位工作;此外,智能手机的处理器早已进入GHz时代,存储空间也已达到GB级别,这些意味着智能手机的计算、存储能力已经可以基本满足数据收集工作的需要。同时,除智能手机外,以iPad、谷歌眼镜(Google Glass)和苹果手表(Apple Watch)等为代表的新型智能设备的出现和发展,不仅丰富了人们的生活,也提高了人们的工作效率。例如,渥太华医院的医生在工作中使用iPad来提高自己的工作效率和服务水平。传统的工作流程虽然已经实现了病患信息的数字化,但台式计算机和笔记本电脑都难以随身携带,因此很多医生不得不坚持使用

传统的纸质病例以及时获取患者的信息。但纸质病例不但制作起来浪费时间和资源,而且容易失窃或被篡改,每年因纸质病例引发的医患纠纷层出不穷。而在使用 iPad 后,医生可以随时随地查阅、维护患者的信息,不必再记录和翻阅纸质病例或在病人与计算机间往返。这样既节约了时间,也加强了医生和患者之间的交流,有效减少了医患矛盾的产生。早在 2014 年,迪拜警方就开始通过使用谷歌眼镜来评估将可穿戴设备应用到交警工作中的可能性。相关新闻报道指出,通过使用专门为谷歌眼镜研发的两款应用,交警可以在日常执法过程中:①当遇到违反交通法规的车辆时,可以通过谷歌眼镜及时拍摄事件并上传到警方的服务器中,这个过程几乎不会对交通警察的其他工作产生影响;②实现对车牌号码的识别,并将其与丢失车辆的数据库进行比较,从而及时发现被窃车辆。通过使用谷歌眼镜,一直令迪拜警方头疼的“车辆街头执法取证难”和“车辆失窃追踪难”这两个难题迎刃而解。此外,物联网技术也不断在人们的工作生活中得到更加深入的使用,以谷歌、苹果、三星、华为、小米等为代表的手机厂商陆续推出了自己的智能家居产品,智慧工厂、智慧家庭等概念已经逐渐成为现实。

高速移动通信技术的出现也大大提升了移动网络的承载能力。来自 GSA 的数据显示,截至 2015 年 4 月,全球正式商用的载波聚合系统已有 64 个,同时还有 116 家运营商正在投资载波聚合技术。其中,全球已经商用的 4G LTE-A Cat. 6 网络有 53 个,终端最大下行传输速度可达 300 Mbit/s。2015 年 12 月 16 日在浙江乌镇举行的第二届世界互联网大会上,中国联通的工作人员实地演示了“沃 4G+”精品网络,该网络使用双载波聚合功能,终端下行最大传输速度超过了 300 Mbit/s,并将逐步提升至 1 Gbit/s。彼时,全球还有超过 13 个 Cat. 9 网络处于部署、实验或测试当中,Cat. 9 网络下终端最大下行传输速度超过了 450 Mbit/s。同时,在 2015 年 6 月中旬,广州移动联合高通和中兴通讯开展了 Cat. 9 三载波聚合技术试验。在 3GPP 的第 12 版协议中,Cat. 15 网络使用八载波聚合技术,终端最大下行传输速度达到了 4 Gbit/s,最大上行传输速度也达到 1.5 Gbit/s,速度堪比光纤。在经历了 2018 年 5G 网络的 R15 标准延期后,5G 已经在全球多个国家商用。全球各地区使用的频段也有少许不同,如对于高频段而言,为满足国际移动通信(International Mobile Telecommunication, IMT)系统在高频段的频率需求,2019 年的世界无线电通信大会(WRC-19)上新设立了 1.13 议题,在 6 GHz 以上的频段中为 IMT 系统寻找可用的频率,研究的频率范围为 24.25~86 GHz。其中,既包括 24.25~27.5 GHz、37~40.5 GHz、42.5~43.5 GHz、45.5~47 GHz、47.2~50.2 GHz、50.4~52.6 GHz、66~76 GHz 和 81~86 GHz 这 8 个已划分给移动业务使用的主要频段,还涵盖 31.8~33.4 GHz、40.5~42.5 GHz 和 47~47.2 GHz 这 3 个尚未划分给移动业务使

用的频段。

高速移动通信技术的广泛使用让智能手机从一个普通的通信工具逐渐转变成为功能强大的智能通信终端。如今,智能手机已成为人们日常生活中不可或缺的一部分,越来越多的人开始通过文本、照片、视频等方式记录自己的生活点滴。2022年年初,中国互联网络信息中心发布的第47次《中国互联网络发展状况统计报告》^[10]中披露,截至2020年12月,我国手机网民的规模达9.86亿人,较2010年增加了2倍以上(详细数据如图1-2所示)。

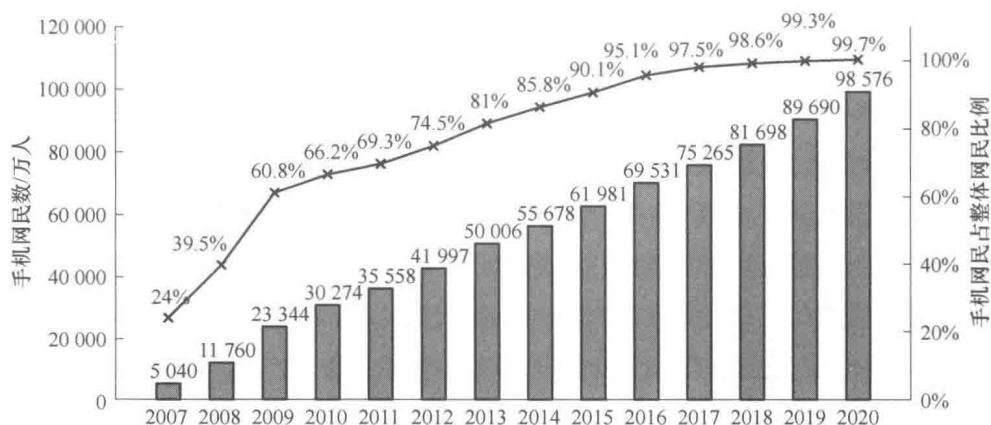


图 1-2 中国手机网民规模及其占整体网民比例

报告中还指出,我国网民中使用手机上网的人群占我国全体网民的比例已经由2010年的66.2%增长至2020年的99.7%,手机实际上已成为网民最主要的上网设备,手机网民在整体网民中的占比几乎达到了100%。

同时,以可穿戴设备为代表的新型智能终端设备也在飞速发展。来自IDC的可穿戴设备产业研究报告显示,2021年中国可穿戴设备市场出货量近1.4亿台,同比增长25.4%。其中,第四季度中国可穿戴设备市场出货量为3753万台,同比增长23.9%。对此,IDC预测,2022年中国可穿戴设备市场出货量将会超过1.6亿台,同比增长18.5%。细分上述数据,2021年耳戴设备市场出货量为7898万台,同比增长55.4%;智能手表全年市场出货量为3956万台,同比增长21.4%。

在这种情况下,随着智能终端用户数量的增长和认知程度的提高,参与式感知(partipatory sensing)^[1]顺势而出。与传统的传感器网络不同,参与式感知不再使用固定安置的传感器来实现感知数据的收集和上传,而是将智能终端用户作为感知节点,将其携带设备所包含的传感器作为感知单元,让智能终端用户使用自己的设备收集和分享自

己周围的环境数据。参与式感知基于物联网和移动互联网,原理与传统的无线传感器网络相似。参与式感知的系统架构如图 1-3 所示,典型的参与式感知网络分为感知层、网络层和应用层^[11]。

(1) 感知层由感知节点,即智能终端用户组成。智能终端用户使用自己的设备收集、存储和上传感知数据。感知节点之间可以组成点对点网络,从而实现感知数据的传递、相关信息的查询等操作^[12]。

(2) 网络层一般指感知服务平台及感知节点与感知服务平台之间的网络,感知任务发布者通过感知服务平台发起感知任务,感知节点将收集到的感知数据通过现有的网络上传到感知服务平台中,从而实现感知层内分散感知数据的聚合。同时,类型各异的海量感知数据将在感知服务平台中得到清洗、融合、存储以及进一步的分析和处理。

(3) 应用层主要是感知任务发布者或感知数据的使用者,这些使用者可能是物联网、大数据应用、政府机构等,它们将处理后的感知数据以多种形态展示给顾客,或使用感知数据提升自身服务质量以及增加服务种类等。

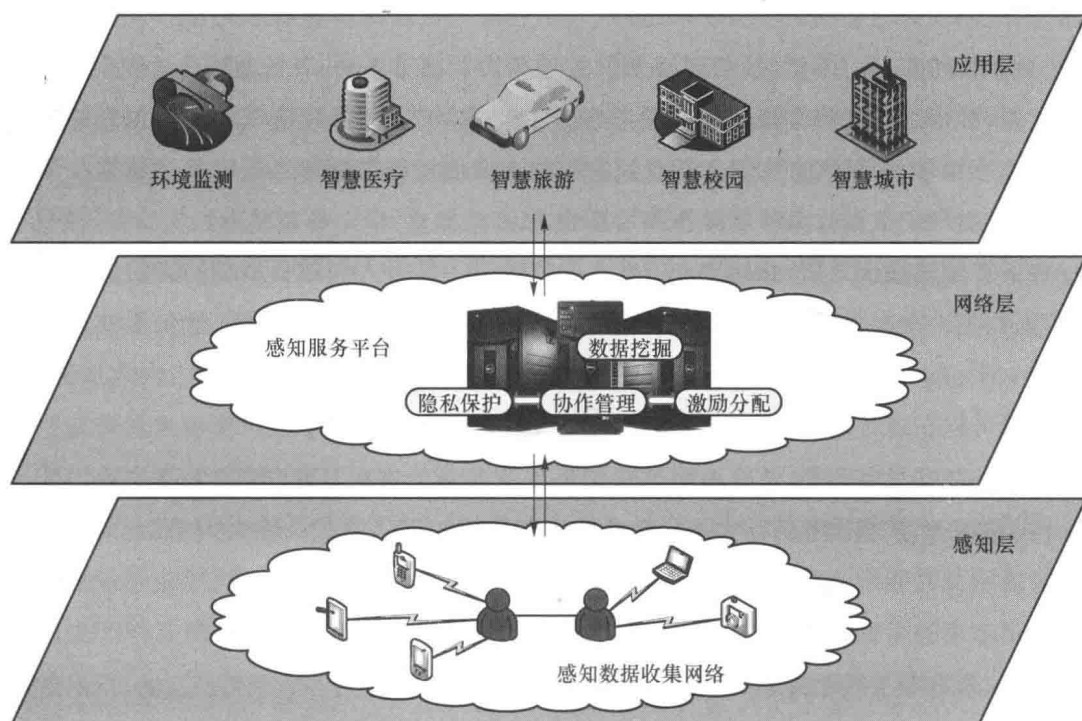


图 1-3 参与式感知系统架构

参与式感知将物联网和移动通信技术融为一体,它的出现使得人们不再需要通过广泛部署传感器来收集环境数据,从而降低了数据收集的成本。人们的主观能动性使得参