

中国智能家居行业研究

张侠丹

(中国人民大学商学院,北京 100872)

【摘要】近年来,伴随着云计算、人工智能、物联网等技术的发展,智能化的应用已经逐步融入了人们的日常生活。2020 年受新冠疫情影响,人们的居家时间变得更长,进一步重视居家生活质量,智能家居也成为了各大厂商重点发力的领域。为更加深入研究智能家居行业,文章从“过去-现在-未来”的时间轴分析智能家居行业的发展背景、发展现状和发展趋势,为智能家居行业发展提供一定的参考。

【关键词】智能家居;发展背景;发展现状;发展趋势

【中图分类号】F425;TP23 **【文献标志码】**A **【文章编号】**1003-0166(2021)12-0014-06

doi:10.3969/j.issn.1003-0166.2021.12.003

2020 年国家发改委官方宣布物联网成为中国数字经济发展的基础,国家将高度重视物联网的发展。其中,智能家居是物联网技术落地的关键领域之一。根据中国信息通信研究院的数据显示,截至 2020 年 8 月底,智能家居在 2020 年占据物联网卡的比例高达 43%^[1]。近年来,伴随着云计算、边缘计算、人工智能技术、通信技术等技术的不断突破,智能家居行业进入快速发展阶段^[2-3]。根据头豹研究所的数据显示,2020 年中国智能家居市场规模已高达 3 558.17 亿元,并且有望在 2025 年突破 4 801.2 亿元^[4]。

1 中国智能家居行业发展背景

1.1 中国智能家居概念和特征

智能家居是利用综合布线技术、网络通信技术、安全防范技术、自动控制技术、音视频技术等技术,将家居生活有关的产品集成的住宅管理系统^[5]。它可以借助物联网技术,协同硬件、软件及云端平台,实现远程控制设备、设

备间互联互通、设备自我学习等功能,构建智能化家居生活场景。智能家居的目的是通过收集和分析用户行为数据,为每一个用户形成独有的用户画像,从而提供私人管家式的服务,使用户的家居生活更加舒适和便捷^[6-7]。

目前,智能家居产品类别已经逐渐丰富,根据行业分类习惯和产品使用场景,智能家居产品大致可分为以下 6 类:智能家电、智能家庭安防、智能家庭娱乐、智能连接控制、智能光感和智能家庭能源管理。智能家居产品通常具备 4 个特征,分别为联通性、自动化、云化及自主学习。其中,联通性是指智能家居产品可以通过不同的通信协议实现互联互通和场景联动^[8],例如当用户回家打开智能门锁时,智能空调可以从智能门锁处获取到用户已回家的信息,自动按照预设温度运行等。自动化是指用户一次性触发或者设定产品之后,智能产品能够按照已经设定的要求执行后续操作,实现自动检测、自主信息处理、自主分析判断、自动操纵控制,例如智能洗衣机可以自动识别衣物的材质和状态,并按照之前用户的设置自动选择适合的洗涤模式,达到最优的清洁效果。云化是指智能家

收稿日期:2021-07-20

基金项目:中国人民大学 2020 年度拔尖创新人才培养资助计划成果 (Supported by the Outstanding Innovative Talents Cultivation Funded Programs 2020 of Renmin University of China)

作者简介:张侠丹 中国人民大学商学院博士,研究方向:人工智能应用、电子商务

居产品具备云端信息存储和数据分析能力,并可实现不同设备间的数据云同步及云共享,例如智能监控将视频自动上传到云端之后,若视频中显示用户正在开门回家,智能照明系统可以根据云端的视频获取用户即将回家的信息,并自动开启灯光。自主学习是指智能家居设备通过人工智能算法和大数据分析进行机器学习和升级,例如智能空调通过自主分析用户历史使用记录和室内温度数据,进而判断是否开启空调和调整温度。

1.2 中国智能家居行业发展历程

21世纪初,国内便开始逐渐涌现智能家居生产研发企业。2004年6月,国内多家企业联合发起成立了中国家庭网络标准产业联盟——E家佳,致力于打造出具有自主知识产权的家庭网络系统技术体系,完善家庭网络系统技术标准模式。中国的传统家居企业由此开始了对智能家居领域的探索。2007年3月,中国首个配套智能家居的精装楼盘——深圳红树西岸在深圳亮相,智能家居也逐渐进入了大众的视野。2012年3月,从事智能家居相关技术研发、设备生产、经营、销售的企业及有关社团组织共同联合成立了中国智能家居产业联盟,致力于建立智能家居行业产品、技术、施工等要求和标准,中国智能家居行业也进入了新一轮的快速发展。随后在2014—2019年,海尔、小米、阿里巴巴、百度、华为等企业相继加入了智能家居行业,并深入地进行了部署。2020年,工业和信息化部成立智慧家庭标准工作组,致力于构建安全可靠的智慧家庭国家标准体系,促进各式各样的智能家居设备互联互通,意味着智能家居的重要性有所提升。

智能家居的发展可分成3个阶段,分别为智能单品阶段、智能互联阶段及主动智能阶段。智能单品阶段是以产品为核心的发展阶段,在这个阶段中,智能家居产品通过传感技术接收信息并发出相应的指令,智能单品及其子系统接收该指令并作出判断反馈,完成相应动作以减少用户工作量。这个阶段的缺点在于各智能单品间呈现孤立分散的状态,产品之间兼容性较差。具体而言,各个产品的操纵入口较为分散,场景模式较为碎片化,子系统之间没有联通性,从而容易导致用户的体验感不佳。

智能互联阶段是以场景为核心的发展阶段,专注于通过网络通信、物联网、云计算等技术将智能控制、信息交互等功能集成到一个整体系统,实现智能家居产品间互联互通,从而构建多元化场景和智能化空间,达到家居智能设备和全屋生态环境之间的一个平衡。该阶段的主要参与者包括家电企业、智能硬件厂商、互联网企业及通信运营商等,市场竞争较为激烈。但是该阶段的互联互通尚未完全统一,不同企业的智能家居产品之间的通信协议之间存在着许多差异^[9-10],需通过网关、云平台等中转设备来作为桥梁,连接不同的设备实现互通。如果要形成全面的互联互通模式,还需要行业内各企业达成共识,通

过开放合作实现统一标准。

主动智能阶段是以用户为核心的发展阶段,随着人工智能主动学习技术和进行升级,智能家居产品及系统能够构建用户画像和主动洞察用户需求,从而及时为用户提供个性化的智能家居服务。为了实现全面智能化,企业需要统一人工智能中枢,设置摄像头、通讯芯片等硬件设施以及集成深度学习、交互语言和图像理解等多项技术。在该阶段,技术落地、系统稳定性和硬件兼容性均是智能家居行业的挑战。

从发展阶段看,中国智能家居行业已逐步从以产品为核心的智能单品阶段,向智能互联初级阶段演进,行业内各企业也逐渐显露出开放互通、合作共赢的发展思维。未来,随着人工智能、物联网、大数据及机器学习等技术的发展,中国智能家居有望向互联互通的成熟阶段演进,并进入以主动洞察客户需求为目标的主动智能阶段。

1.3 中国智能家居行业发展的驱动因素

1.3.1 统一的技术标准将是智能家居发展的土壤

在智能家居行业中,大部分公司都期望建立以自己为中心的生态模式,导致行业内没有一套统一的技术标准,出现公司之间技术架构互不相同的问题,导致单一公司产品往往无法与其他公司产品兼容,设备之间无法实现互联互通,形成了四分五裂的现象。针对该问题,市面上出现了网关、云平台等产品,可作为设备间连接的桥梁,实现不同设备的互联,但标准不统一,始终会影响智能家居行业的快速发展。若要实现统一的标准,行业内各个公司需达成共识,开放合作。目前,为了推动完备的智能家居标准体系落地,2021年4月,国家住房和城乡建设部、工业和信息化部等多个部门已经联手制定一系列智能家居相关的安装施工、运营服务等要求和标准,说明国家也期望构建完善统一的智能家居标准,形成有序发展的智能家居产业生态。在未来,随着技术的成熟和政策的驱动,智能家居领域可能会实现统一的技术标准,进一步推动智能家居一体化的发展。

1.3.2 物联网、云计算、边缘计算、人工智能技术将是智能家居发展的养分

从2014年起,中国在智能家居领域的专利数量快速增长,进入发展高峰期。技术的突飞猛进推动智能家居行业的发展。其中,智能家居领域最关注的四大技术分别是物联网、云计算、边缘计算和人工智能。

物联网是智能家居的核心技术,旨在通过通信网络将所有设备连接起来,实现家庭信息的交互和共享,从而构建统一的管理操作系统^[11-12]。在这个管理操作系统下,向相应的硬件和模块发出命令即可检测和控制智能家居产品,而用户控制这个操作系统的媒介通常是智能手机、智能平板和智能手表等。总结而言,智能家居产品是物联网体系的感知器官,起到数据采集、数据整理及数据传输

的功能,而物联网则是智能家居产品的神经系统,为智能家居产品搭建信息交互的桥梁,两者结合可以实现智能家居产品之间的信息传递、互联互通及协同工作^[13]。

云计算是最上层的集中管理和控制平台,通过采集和处理所有智能家居产品的数据,共同处理全国智能家居业务的请求,实现全国智能家居产品的整体管控功能。云计算的基本原理是把计算工作分布在大量的分布式计算机上,而非本地计算机或者远程服务器中,这意味着计算能力变成了一种可以流通的可付费的服务,企业可按需使用,灵活取用。不仅如此,企业可以联合云计算和物联网资源,实现智能家居设备之间的联网和数据存储处理,形成智能家居的大闭环控制系统。云计算的优势主要为以下5点:1)低要求。云计算对设备要求低,末端设备不受限制。2)低成本。相比于自行部署,云计算的成本更低。3)高效率。相比于自行部署,云计算可以实现更快的部署。4)高弹性。企业可以按需使用,灵活取用。5)安全。安全技术成熟,存储在云端的数据不会轻易丢失和被病毒感染^[14]。

边缘计算能够依托用户侧的设备进行计算工作,无需等待网络请求云计算中心响应,从而达到快速响应的效果。另外,边缘数据无需将所有数据上传至中心云端,可以有效缓解云端存储数据的压力,避免宽带传输负载,提高网络传输速度。与此同时,边缘计算的本地化存储功能可以降低客户隐私泄露风险。

人工智能技术是智能家居产品及系统主动洞察用户需求的技术基础。人工智能技术包括语音识别、人脸识别、身体识别、物体识别、深度学习等技术^[15]。以往的智能家居产品的人工智能交互模式主要是触屏交互模式,具体形式为面板控制和APP控制。2020年疫情爆发后,用户对无接触的语音交互模式偏好更高,在未来交互模式可能会进一步演变为情绪识别、手势识别等新模式,这要求人工智能技术需保持持续的发展,促进更加个性化和智能化的家居服务。

简而言之,物联网能实现智能家居产品之间的互联互通,云计算能在云端存储和处理大量数据,边缘计算能优化智能家居产品的反应速度,人工智能提升智能家居产品的主动洞察能力,4个技术的集成可以极大地推动智能家居的发展。

1.3.3 国民消费能力的持续提升将是智能家居发展的催化剂

从2014年起,中国的经济结构发生了重要的变化,消费成为拉动我国国民经济增长的第一驱动力。在人均可支配收入持续提升情况下,人们对生活的追求逐渐多元化、个性化和品质化^[16]。2017年,中国国家发展和改革委员会指出中国的恩格尔系数降低至20%~30%的富足区间,说明国民的消费结构在升级,国民消费能力持续增

强,逐渐重视精神消费需求。同年,党的十九大报告提出中国社会的主要矛盾由“人民群众日益增长的物质文化需要同落后的社会生产之间的矛盾”转化为“人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”,意味着国民消费结构有了明显的改变,国民逐渐追求服务型消费和精神享受型消费。

智能家居产品的舒适性和便捷性等特性在相当程度上满足了人们对美好生活的期待。以“80后”和“90后”为代表,随着这群青壮年人群的收入水平提高,他们更加追求高品质的居家生活,并且接管了家电购买中的主导权,逐渐成为中国智能家电的消费主力。相比于注重家电品牌和价格的传统消费者,这类消费者在选购家电时考虑更多的是智能化、安全和低能耗等要素。简单而言,国民消费能力的增强和对美好生活的追求将推动智能家居行业的发展与普及^[17-18]。

2 中国智能家居行业发展现状

2.1 市场状况分析

根据头豹研究院的数据显示,中国2020年智能家居的市场规模为3 558.17亿元,其中智能家电规模占比超50%。预计到2025年,中国智能家居市场规模将突破4 800亿元^[4]。2020年,新冠疫情在一定程度上影响了智能家居的供应链,特别是安装及服务领域,疫情防控使得部分上门安装及服务发展停滞;但另一方面,疫情期间的居家隔离使得更多的家庭安防及家庭娱乐需求被充分的挖掘。总的来说,智能家居行业市场规模仍在逐年扩大,未来发展潜力仍然较强。

根据亿欧智库的数据显示,智能家电在2019年的智能家居细分市场中规模最大,高达2 822亿元,原因主要有以下两方面:1)家电的刚需程度高,原始市场规模大。2)家电的智能化发展早,渗透率高。2019年市场规模的第二名是智能连接控制,为364亿元;第三名是智能家庭安防,为186亿元;第四名是智能家庭娱乐,为180亿元;第五名是智能光感,为99亿元,最后一名是智能家庭能源管理,为78亿元^[19]。

2014年1月,谷歌宣布以32亿美元收购智能家居公司Nest Labs,将智能家居推向了资本的视野中央。同年,智能家居行业的融资次数超过100次,并逐年持续增加。随后,智能家居行业的快速发展使其不断受到资本的追捧,互联网巨头和传统家电厂商也都强势入局,智能家居行业迎来融资的高峰期。到2017年后,智能家居融资趋于理性,融资次数有所下降,但2017年后融资金额仍保持较高水平。

根据亿欧智库的数据显示,自2015年起,A轮之前的融资活动占比逐渐下降,而A-C轮和D-pre-IPO轮融资

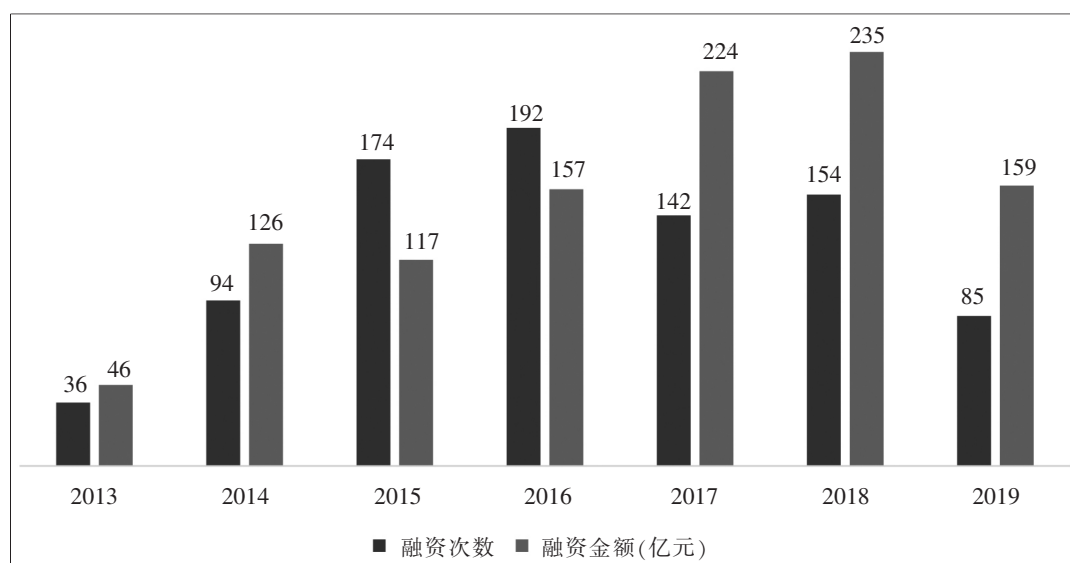
资事件占比整体呈上升趋势。在 2016 年及之前,A 轮之前的融资活动为主要融资轮次,但在 2016 年之后,主要融资轮次转变为 A-C 轮的融资活动,说明中国智能家居的融资轮次在逐渐后移。依据 2019 年的数据显示,A 轮之前的融资活动占比已经下降至 18.8%,而 A-C 轮的融资活动则上升至 62.4%^[19]。

2.2 市场模式分析

2.2.1 后装市场模式

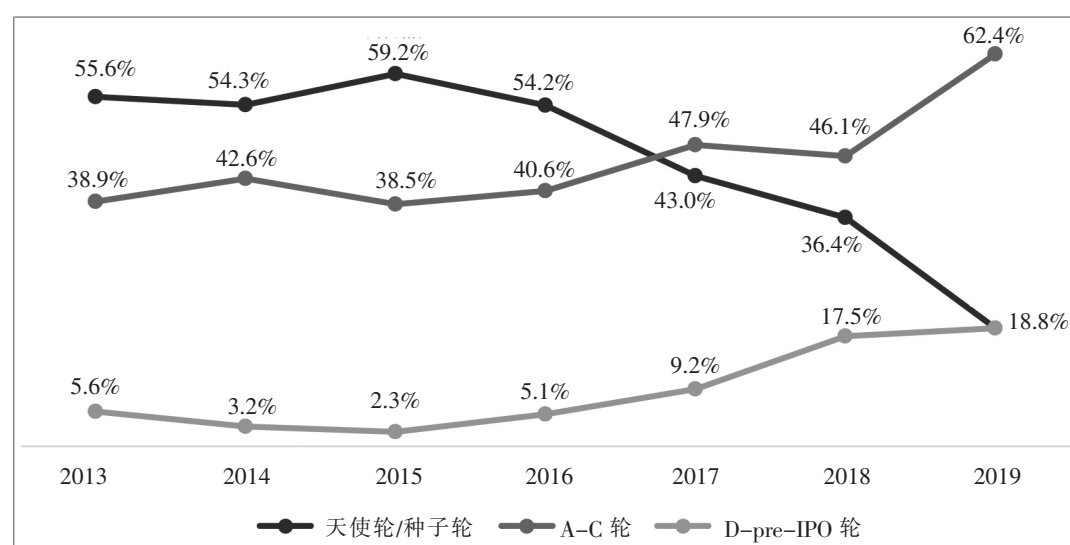
中国智能家居行业的市场模式可以分为后装市场模式和前装市场模式。智能家居后装模式是指全屋装修完毕后,客户可以通过直接购买智能家居产品享受舒适和

便捷的智能化家居服务,无需改变原有的家居装修。后装市场模式中的重点产品有扫地机器人、智能音箱、智能电视、智能空调和智能冰箱等。后装市场模式具有简单、方便和低成本的特点,一般更易被消费者所接受,但是后装市场模式主打智能单品,缺乏整体性和系统性。目前,企业一般通过两种方式宣传后装智能家居,一种是线上方式,这种宣传方式的投入成本低,技术门槛低,更容易实施和推广;另一种是线下方式,如开设线下体验门店,这种方式的品牌传播力度较大,且接受线下体验的消费者往往更容易接受智能家居设备,但缺点是门店资金投入要求较高。



数据来源:亿欧智库

图 1 中国智能家居行业融资次数及金额



数据来源:亿欧智库

图 2 中国智能家居行业融资轮次占比

目前中国智能家居后装市场主要呈现3种典型的生态模式,分别是主导孵化模式、开放平台模式和品牌全屋闭环模式。主导孵化模式的代表企业是小米,在该模式下,主导企业为生态链中的合作企业提供产品、技术、资金等方面的协助,帮助合作企业快速成长和扩充产品线。开放平台模式的代表企业为华为和阿里,在该模式下,企业与合作伙伴之间互相提供设备管理和数据分析等技术和信息,实现不同企业的设备之间互联互通、协同工作,从而构建完整的智能家居生态。品牌全屋闭环模式的代表企业为海尔和美的,在该模式下,企业致力于通过集成智能家庭安防、智能家电、智能家庭影音、智能光感等技术来构建一体化的智能家居管理系统,实现以单一品牌为中心的全屋智能家居生态。

2.2.2 前装市场模式

智能家居前装模式是指装修之前为客户提供全套智能家居解决方案,该模式中的参与者有房地产开发商、家装公司和全屋智能解决方案提供商。前装模式中的重点产品有智能路由器、智能网关、智能灯光等。对于用户而言,前装模式能够获取更加全面详细的用户信息,实现稳定和高效的智能化服务,从而进一步提升用户体验,但是投入成本高以及安装时间长。对于企业而言,前装模式的销售规模较大,利润更为可观,但是投资成本大、工期时间长及资金回流速度慢,会给企业带来一定的资金链压力。随着智能家居单品的普及,消费者对智能家居产品的认识已经在逐步提升,在未来,前装模式将有望获得越来越多用户的青睐。

目前,对于房地产开发商而言,房地产已经由卖方市场转变至买方市场,由蓝海市场转变至红海市场。随着客户对宅屋装修的个性化需求愈发明显,房地产开发商从2019年开始就从粗放式运营模式演变为精细化运营模式。相比于后装智能家居,前装智能家居模式能提供更加全面、稳定和高效的智能化家居服务,更加适合作为房地产开发商提升房地产竞争力的重要工具。因此,前装智能家居将在未来房地产开发商精细化运营模式中发挥重要作用,为客户提供方便和舒适的智能家居体验。

2.3 产业链结构分析

目前,中国智能家居产业链结构清晰,主要包括上游技术、中游系统、下游终端产品^[4]。3个环节的具体内容如下:上游技术层包括硬件和软件,硬件主要包括芯片、传感器、无源器件等元器件及通讯模块、智能控制器等中间件,参与者包括元器件供应商和中间件供应商。软件主要包括人工智能技术、云服务技术及通信技术等,参与者包括人工智能服务商、云服务商和通信运营商等。中游系统主要包含各种各样的智能家居系统,比如家庭娱乐、家庭照明、家庭安防、家庭医疗等系统,涉及娱乐、安防、

医疗、教育等方方面面。下游终端产品主要包括智能空调、智能洗衣机、智能音响、智能门锁等智能单品,参与者包括智能家居产品研发企业、传统家电企业和互联网企业等。其中,智能家居产品研发企业是整个产业链的核心,这类企业有两个主营方向:一是全屋智能一体化;二是智能家居单品。智能家居单品的普及为消费者的智能家居教育奠定基础,伴随着越来越多的智能家居单品融入人们的日常生活,人们对智能家居的接受度和认可度逐渐提升,全屋智能一体化也将会越来越受欢迎。在客户侧,智能家居产品的客户按客户类型可分为企业客户和个人客户。企业客户包含房地产开放商、酒店公寓和家装企业,其需求主要是全屋智能一体化的解决方案,而个人客户的需求目前仍然具有一定的局限性,主要仍集中在智能家居单品。

3 中国智能家居行业发展趋势

3.1 智能家居场景将有望实现无感化和主动化

随着科技的突飞猛进,智能家居的应用场景将延伸至智慧家庭能源管理、智能家庭医疗、智慧家庭教育等方面,在多个家庭场景中提供智能化服务。在技术极度成熟的情况下,智能家居将从有感化和被动化演进到无感化和主动化的级别,通过自主学习,自动分析场景信息,自动做出即时的响应,并自主根据后续结果完成自我完善等。在未来,任一智能家居也许都能主动洞察用户的需求,从而为用户提供个性化的智能家居服务。

3.2 前装智能家居市场将逐渐崛起

结合目前的市场状况,后装智能家居模式由于安装更便捷、选择面更广等特性,广泛赢得了消费者的认可。但后装模式的缺点是缺乏整体性和系统性,无法提供全面和稳定的智能化一体化家居服务。随着智能家居市场的普及,消费者对智能家居产品的认识已经在逐步提升,厂家向用户普及智能家居综合解决方案的沟通成本将大大缩减,从而为前装模式提供了很好的发展环境。相比于后装模式,前装模式的整体性及系统性将有更好的保障,能够有效解决单品无法互联互通的问题。结合房地产行业精细化运营的发展战略,前装智能家居模式能提供稳定和完善的智能化家居服务,打造产品差异化,成为房地产开发商实现精细化运营的抓手之一。此外,目前智能家居前装模式也普遍获得了资本的认可,各大互联网企业、传统家电企业和家装企业都已经开展了相应的战略部署,因此,前装模式的整套智能家居解决方案在未来将会越来越普及,并成为智能家居领域主要的模式。

3.3 智能家居的安全服务将逐渐成熟

不管在过去还是现在,用户对智能家居总是存有隐

私泄露的担心,该担心主要来自于以下两个方面:1)担心企业未经授权收集用户数据,并把数据转交或贩卖给其他企业。2)担心第三方通过不法手段私自窥探用户隐私,如黑客。在过去,智能家居的安全性和便捷性通常无法同时实现,安全性要求系统趋于封闭,而便捷性要求系统趋于开放,所以对安全性的过度投入会降低用户体验。对于用户,除了定期修改密码、禁用照相簿和录音功能等基础操作外,往往没有其他更有效的措施。但随着芯片安全、云安全和边缘安全等安全技术的发展,物联网安全能力将实现最大限度的强化,逐渐实现通信加密、防网络攻击、高并发支撑等功能,平台将有望在未来提供身份鉴别、通信端身份认证、安全审计、访问控制、通信保护、存储安全等多重的安全服务。□

参考文献

- [1] 中国信息通信研究院. 物联网白皮书 (2020 年)[EB/OL]. (2020-12-17) [2021-07-01].http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202012/t20201215_366162.htm.
- [2] 李森彪.我国产业互联网的发展演进及趋势展望[J].未来与发展,2021(01):6-11.
- [3] 熊先青,李荣荣,白洪涛.中国智能家居产业现状与发展趋势[J].林业工程学报,2021,6(01):21-28.
- [4] 头豹研究院.2021 年中国智能家居行业概览:产业链与趋势观察[EB/OL].(2021-03-06) [2021-07-01].<https://jishuin.proginn.com/p/763bfbd3c707>.
- [5] 马晓槟.智能家居,智慧生活[J].电视技术,2014,38(S1):54-58+66.
- [6] 段海燕.智能化家具的研究[D].南京:南京林业大学,2006.
- [7] 吕莉,罗杰.智能家居及其发展趋势[J].计算机与现代化,2007(11):18-20+23.
- [8] 刘兵.智能家居系统互联互通的设计与实现[D].北京:北京邮电大学,2013.
- [9] 邵鹏飞,王喆,张宝儒.面向移动互联网的智能家居系统研究[J].计算机测量与控制,2012,20(02):474-476+479.
- [10] 孙晨旺.对于物联网中智能家居的发展及问题分析[J].科技经济导刊,2019,27(12):32.
- [11] 肖清华.智能家居的发展趋势分析[J].移动通信,2015,39(17):41-44.
- [12] 申晓腾,崔金奇.5G 助力人工智能技术在高等教育中的应用[J].未来与发展,2021,45(03):5-9.
- [13] 周武.基于物联网智能家居发展分析[J].信息技术与信息化,2015(02):136-137.
- [14] 36 氪.智能家居行业研究报告:5G 时代下的智能家居竞争格局 [EB/OL].(2019-10-22)[2021-07-01].<https://max.book118.com/html/2019/1022/7021105041002065.shtm>.
- [15] 荣华英,廉国恩.人工智能发展背景下国际智能家居行业贸易前瞻[J].对外经贸实务,2017(10):18-21.
- [16] 熊先青,吴智慧.家居产业智能制造的现状与发展趋势[J].林业工程学报,2018,3(06):11-18.
- [17] 陈占民.智能家居网络经营模式的研究[D].上海:上海交通大学,2009.
- [18] 郭叶莹子,易熙琼,陈浩森.智能家具概念及产品设计方法探析[J].家具,2016,37(01):70-73.
- [19] 亿欧智库.2020 年中国智能家居行业未来发展趋势[EB/OL].(2020-11-04)[2021-07-01].<http://www.zextech.net/public/shows/9/156.html>.

Research on Chinese smart home industry

ZHANG Xiadan

(School of Business, Renmin University of China, Beijing 100872, China)

Abstract:In recent years, with the development of cloud computing, artificial intelligence,internet of things and other technologies, intelligent applications have gradually entered people's daily lives. Since the COVID-19 outbreak, peoplespendmoretime athome, and paymore attention to the quality of home life. Under such a situation, smart home industry receives much more attention. In order to study the smart home industry, this paper analyzes the development background, developmentstatus anddevelopmenttrendof the smart home industry basedonthe"past-present-future" timeline, which may provide some reference for the development of the smart home industry.

Key words:smart home; development background; development status; development trend

CLC number:F425;TP23 Document code:A Article ID:1003-0166(2021)12-0014-06

doi:10.3969/j.issn.1003-0166.2021.12.003