

下一代物联网 发展构想白皮书

中国移动通信研究院

前 言

近年来，物联网的发展动能不断丰富，市场潜力获得产业界的普遍认可，发展速度不断加快，业务和技术创新层出不穷，物联网高速发展已成必然之势。然而随着物联网业务不断丰富，需求不断增强，对传输、计算、安全等提出新的挑战，传统物联网已无法满足需求。中国移动一直致力于联合产业伙伴，分析研究下一代物联网发展趋势、典型特性，加速推进我国物联网技术的快速发展。

本白皮书旨在提出中国移动对于下一代物联网发展趋势、典型应用的分析，并结合物联网业务生命周期发展提出 6 大下一代物联网特征，希望能够对业界研究物联网产业的发展及技术趋势提供指导及参考，共同推动下一代物联网发展。

目 录

1.概述.....	1
2. 物联网发展趋势	2
2.1 下一代物联网的发展驱动力	4
3. 下一代物联网典型应用.....	5
3.1 消费型物联网	6
3.1.1 智慧教育	6
3.1.2 智慧医疗	7
3.1.3 智能家居	8
3.2 生产型物联网	9
3.2.1 智慧工厂	9
3.2.2 智慧农业	10
3.3 管理型物联网	11
3.3.1 智慧交通	11
3.3.2 智慧城市	12
3.4 下一代物联网业务共性需求	13
4. 下一代物联网 6S 特征构想.....	14
4.1 敏捷	15
4.2 融合	16
4.3 协同	17

4.4 安全	18
4.5 极简	19
4.6 共享	20
5. 结束语	21
缩略语列表	23
参考文献	24
版权声明	26
联合编写单位及作者	27

1.概述

物联网 (Internet of Things) 由美国麻省理工大学 Auto-ID Center 的 Ashton 教授于 1999 年首次提出, 把所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来, 实现智能化识别和管理。2005 年, 国际电信联盟 (ITU) 发布《ITU 互联网报告 2005: 物联网》, 正式提出了“物联网”的概念, 即将各种信息传感设备, 如射频识别装置、各种传感器节点等, 以及各种无线通信设备与互联网结合起来形成的一个庞大、智能网络。物联网经过多年的不断发展与认识, 目前被普遍认为是指通过信息传感设备, 按照约定的协议, 把任何物品与互联网连接起来, 进行信息交换和通讯, 以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络, 是在互联网基础上延伸和扩展的网络[1]。

近年来, 物联网技术的市场规模正处于飞速扩张的趋势。根据 IDC 的数据显示, 2020 年全球物联网市场规模为 1.7 万亿美元[2], McKinsey 预测 2025 年全球物联网市场规模可高达 4~11 万亿美元[3]。在全球物联网连接数方面, 根据 GSMA 预测, 全球物联网连接数会从 2019 年的 120 亿增长至 2025 年的 246 亿, 年复合增长率为 17%[4]。

因其具有巨大增长潜能, 物联网已成为当今经济发展和科技创新的战略制高点, 成为各个国家构建社会新模式和重塑国家长期竞争力的先导。在我国, 自 2010 年物联网被写入了政府工作报告后, 发展物联网被提升到国家战略高度。“十三五”规划纲要明确提出“发展物联网开环应用”, 将致力于加强通用协议和标准的研究, 推动物联网不同行业不同领域应用间的互联互通、资源共享和应用协同。“十四五”时期经济社会要以推动高质量发展为主题, 而数字经济正是推动供给侧结构性改革和经济发展质量变革、效率变革、动力变革的重要力量, 物联网作为行业数字化转型的重

下一代物联网发展构想白皮书

要一环将成为整个社会数字经济发展的核心动能。

在产业方面，物联网技术和方案在全球各行业渗透率不断加速。根据 Vodafone 调查数据，2018 年全球物联网技术渗透率已超过 34% [5]。根据 Gartner 调研，2020 年超过 65% 的企业和组织将应用物联网产品和方案 [6]。各行业对物联网的应用力度持续增强，根据不同咨询公司预测数据统计，智慧工业、智慧交通、智慧医疗、智慧能源等领域将最有可能成为物联网产业发展最快的领域。如图 1 所示，2020 年我国物联网连接的主要行业为智慧家居，车联网，公共服务，智慧农业等 [7]。

2020年我国物联网连接行业占比（截止2020年8月）

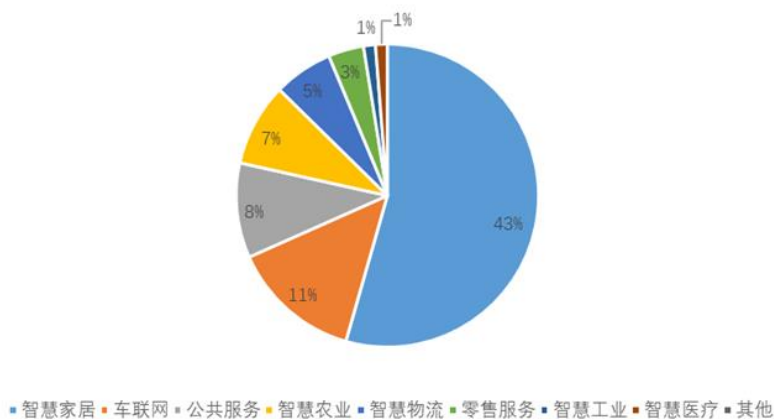


图 1.2020 年我国物联网连接行业占比 [7]

2. 物联网发展趋势

物联网正逐步向着数字化、智能化的方向发展。丰富的应用、领先的技术、海量的数据成为物联网快速发展的原生动力。同时，数字孪生作为全球产业数字化、智能化转型的焦点，将助力物联网的全新优化与演进。

从物联网的业务规模和业务能力来看，物联网的发展可以分为三个阶段：局域物联网、广域物联网和智能物联网。第一阶段，局域物联网阶段，物与物、物与人间的连接通过近距离通信来实现，如 RFID、NFC、蓝牙等，典型的应用有 ETC 收费、物

下一代物联网发展构想白皮书

流追踪等，仅支持局部区域内的简单信息传输。第二阶段，广域物联网阶段，物与物、物与人的连接主要通过远距离通信技术来实现，如 2/3/4/5G、NB-IOT 技术等，典型的应用有智能抄表、农业气候监测等。在该阶段，信息的传输突破了地域的限制，能够做到物联网的广覆盖、大连接。第三阶段，智能物联网阶段，物联网与人工智能落地融合，使物联网从感知、分析、应用各个环节的能力都注入智能的基因，逐步实现物联网的感知智能化、分析智能化与控制/执行智能化。这一阶段的典型应用如自动驾驶、智能工厂等。目前，物联网已初步实现连接大规模建立的前两个阶段，万物智能海量连接将推动各行各业走上全方位智能化道路，迎来下一代智能物联网时代的到来。

下一代物联网的智能化与数字化程度将逐步演进与加深，数字孪生在物联网快速发展的过程中将占有浓墨重彩的一笔。借鉴数字孪生技术，将充分展示物联网系统中的拓扑结构、能源分配和设备实时情况，物理世界的设备与数字世界中的孪生体时时对应，贯穿整个产品生命周期，形成一套完整的物联网系统的全生命周期的模拟和数字化交互，实现业务运行状态实时监控优化，漏洞提前预测及防护。升级人们对于模拟世界的认知，借助数字世界实现物理世界的改造。未来，在面向教育、医疗、生产、交通等各个应用领域，数字孪生将渗透到产品研发、生产制造、系统维护、优化管理、用户呈现等端到端的各个环节，通过抽象理念具象化，物理实体数字化，有效降低生产、研发风险，提升系统效率，为下一代物联网的迭代演进保驾护航。



图 2.下一代物联网发展趋势

2.1 下一代物联网的发展驱动力

业务驱动: 新业务需求的导入是任何一个系统发展的原动力。伴随着智能化的快速发展, 下一代物联网在时效性、精确性方面达到了崭新的需求高度, 对网络的基本功能要求如时延、带宽、功率、能耗等都提出全新挑战; 此外, 对于网络资源的管理、运维, 也需要满足灵活可控、可预测的全新维度[8]。这些的实现前提, 除了网络能力的增强以外, 最重要的一点就是业务和网络的互相感知, 网络对业务需求深度理解, 业务对网络质量实时掌控, 最终实现业网融合、网随业动。

技术驱动: 技术的变革是物联网得以快速发展的保障。下一代物联网是一个与人工智能、大数据、智能传感等技术不断深入融合的非决定性、开放的网络, 其中自组织的或智能的实体和虚拟物品能够和环境交互并基于各自的目的自主运行。物联网技术的探索性变革和创新, 不断演进与发展, 才能最终推动物联网业务的实现。物联网关键技术主要涉及三层: 感知层实现泛在感知, 即利用传感器等随时随地获取物体的信息; 网络层实现可靠传递, 通过融合各种网络, 将物体的信息实时准确地传递出去; 应用层实现智能处理, 利用各种智能计算技术, 对物体实施智能化的控制。

数据驱动: 数据是物联网快速发展的基石。大量的物联网设备, 在 AI 作用的加

持下产生海量数据。数据的高效传输对物联网的交互及计算能力提出巨大挑战，需要根据数据的共享需求实现合理的传输、计算资源分配，需要网元智能化，路由的灵活化控制，以及存储、计算资源的合理分配。同时，数据的共享将带来一定的业务价值增长，优化业务发展，给网络带来更多的收益，网络也将会更加优化，形成良性循环。

3. 下一代物联网典型应用

物联网市场规模以可观的速度实现上涨，预示着万物互联的开启、应用需求的全面升级，以及对海量数据进行智能化分析的可行性。尤其在应用层，“物联网+”的趋势进一步升级，物联网不再是作为一项孤立的技术而存在，而是将与大数据、云计算、人工智能等创新技术融合，带动细分产业转型升级。

从服务对象来看物联网应用分为三大主线，分别是面向个人用户的消费型物联网、面向企业的生产型物联网和面向政府的管理型物联网。消费型物联网的应用主要面向个人消费者，如智慧教育、智慧医疗、智能家居等领域。生产型物联网更多考虑制造和生产行业相关产业，如智慧工厂、智慧农业等领域。管理型物联网则与城市管理息息相关，如智慧交通、智慧城市等领域。随着智能化，数字化技术的引入，下一代物联网应用也将朝着智能化、个性化、自动化快速发展。



图 3.下一代物联网典型应用场景

3.1 消费型物联网

3.1.1 智慧教育

随着全球教育信息化战略推进和教育投入稳步增长，各国的教育信息化建设取得重大进展，教育水平持续提升。传统教育正在向开放、共享、交互、协作的现代化智慧教育转型，并呈技术化、网络化、个性化的发展趋势。借助互联网、物联网、云计算、大数据、人工智能等技术打造智能化、感知化、泛在化的智慧教育新模式，通过个性化、精细化、沉浸式的学习教学，提高课堂教学效果，提升学生学习兴趣和学习效率。

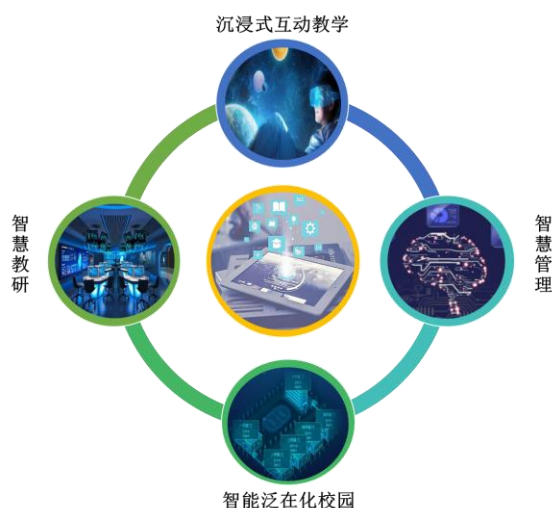


图 4.智慧教育

未来的智慧教育不仅是教育基础设施的信息化、智能化，而且是教育理念与教育方式的转型升级，从注重“物”的建设向满足“人”的多样化需求和服务转变。利用AR、VR、触觉互联网全息等技术前沿技术打造沉浸式互动教学体验，结合各类智能终端，提供现实世界中难以实践，甚至不可能实现的课程和培训，为学习者提供身临其境的学习环境，并实现触觉、味觉、嗅觉等全感官互动的教学体验。有效打破了现有教学受时间空间限制且缺乏直觉感知等问题，实现教育应用数字化和智能化，让每

个学生都置身虚拟世界的知识海洋中。基于大数据、人工智能等技术，打造智慧教研及智慧管理平台，实现各类教学信息的自动采集、汇聚和关联，提供面向学校、教师、学生和家长的智慧管理服务，提供交流平台和教学空间。同时可利用各类摄像头及传感器对校园进行全方位覆盖，打造智能泛在化校园，实时分析学生的身体情况、情感变化、行为异常等指标，对课堂、学习、运动和教学等行为进行智能分析和可视管理，更好地指导和促进智慧教学。

3.1.2 智慧医疗

智慧医疗是综合应用新一代信息及生物技术，整合卫计部门、医院、社区、服务机构、家庭的医疗资源和设备，创新医疗健康管理和服 务，形成全息全程的健康动态监测和服务体系[9]。智慧医疗可以广泛应用于疾病预防、医疗就诊和个体保健等社会医疗卫生领域，是人的健康管理 与医疗信息化、智能化相互融合发展的高级阶段。



图 5.智慧医疗

未来在智慧医疗领域，借助先进的生物技术，为人类提供全方位的定制化康养服务。如纳米监护诊疗，即通过生物纳米技术实现人体内的健康数据收集、纳米机器微手术、药物智能输送等应用。在心血管疾病监测中，纳米传感器可测量和报告心血管疾病的关键参数，并将其报告给中心，并根据这些读数启动自动药物输送或请求其他医疗帮助。在荷尔蒙疗法管理中，通过利用纳米机器提供人体所需的精确激素量，治

疗可以变得有效而迅速，相当大的减少副作用。在智能药物输送中，将药物分子包裹在活性生物纳米机器中，可以将药物输送到人体目标区域的过程，从而避免了人体其他部位的副作用。

3.1.3 智能家居

智能家居是以住宅为平台，利用综合计算机、网络通讯、家电控制等技术将家庭智能控制、信息交流及消费服务等家居生活有效结合起来，构建高效的住宅设施与家庭日程事务的管理系统，提升家居安全性、便利性、舒适性、艺术性，并实现环保节能的居住环境。它是互联网技术和物联网技术的集中体现。智能家居发展可以分为三个阶段，单机智能、设备互联互通，和全屋智能阶段。全屋智能服务通过学习来完成用户画像，捕捉用户信息和意图，根据用户个性化需求主动提供个性化的全屋智能服务。



图 6.智能家居

典型的全屋智能场景，如智能冰箱可以分析用户的饮食习惯，通过建模预测用户的食物需求，结合冰箱内食物情况和网络食品信息，为用户提供食物购买和烹饪建议。衣物洗护服务，智能洗衣机可以感知识别衣服材质和洁净程度，推荐洗涤程序，并通

过推送各种洗护衣物一条龙服务，搭建洗护一体的生态平台。生活热水服务，智能热水器可以通过学习感知每个用户的用水习惯，对用户行为进行判断，通过建模来预测用户什么时候用水，用多少水，从而决定何时开启热水器预热以及热水温度等。

3.2 生产型物联网

3.2.1 智慧工厂

智慧工厂是现代工厂信息化发展的新阶段，是在数字化工厂的基础上，集绿色智能的手段和智能系统等新兴技术于一体，构建一个高效节能、绿色环保的人性化工厂。智慧工厂管理平台集合“排产”与“生产调度”、在线质量控制、车间物料规划与控制、生产过程追溯、可视化过程监控和生产状态分析等功能于一身，通过实现高度的自动化和信息化，打造智慧工厂，达到成本削减、生产效能提升和品质保证的目的。当前，我国正在积极打造智慧工厂，在政策、技术、市场等多重驱动下，我国智慧工厂建设正在步入快车道。

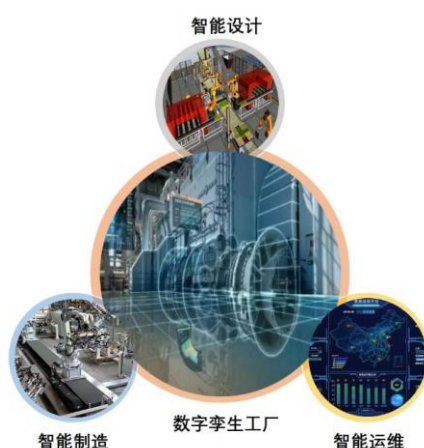


图 7.智慧工厂

未来工业生产区别于以传感器为基础的传统型智能工厂生产模式，将是以数据为基础，以数字孪生、人工智能等技术为驱动的人-机-物高度融合与协同的智慧型生产

制造模式。未来工业生产将与数字孪生技术深度结合，通过数字化方式为物理实体对象创建高写实的虚拟模型。在产品的设计、制造、维护的全生命周期中，借助数字域构建产品数字化模型，模拟设备的实际运转状态，并进行预警性维护，从而有效提升产品的可靠性和可用性，同时降低产品研发和制造风险[10]。工业机器人将搭载人工智能等技术，替代传统人力与机器人继续助力“无人工厂”构建，加快工厂以数据为驱动的网络化、智能化建设进程。

3.2.2 智慧农业

农业是关系到国计民生的重要领域，我国正处于传统农业向现代农业转型的过程中，国家高度重视农业现代化建设，不断出台相关政策推动智慧农业的技术研发和工程实施。智慧农业以智慧生产为核心，依托云计算、大数据、人工智能、卫星遥感等现代信息技术，实现生产数字化、智能化、低碳化、生态化和集约化，从空间、组织、管理整合现有农业基础建设、通信设备和信息化设施。



图 8.智慧农业

智慧农业以智慧生产为核心，智慧产业链为其提供信息化服务支撑。利用传感器、无线通信、大数据、云计算、人工智能、数字孪生等技术，打造数字化农业，对农作物种植及禽畜养殖各生长阶段的长势长相、生长环境进行动态监测和趋势分析，实现生产过程的全周期实时监测、精准管理、产量预测等。通过卫星遥感技术，配合传感器和摄像头等采集数据、实时控制，对收集到的数据进行分析、处理，并建立可视化模型，打造集成农机自动化驾驶、无人机植保等应用于一体的智慧农场，根据地形、

地貌实现种植适宜区智能分配、农作物精准种植、农机路线自动规划等，实现“高效、智能、精细”和可持续的生态发展[11]。

3.3 管理型物联网

3.3.1 智慧交通

智慧交通融入了物联网、云计算、大数据、移动互联网、人工智能等新技术，通过高新技术汇集交通信息，对交通管理、交通运输、公众出行等交通领域全方面以及交通建设管理全过程进行管控支撑，充分保障交通安全、发挥交通基础设施效能、提升交通系统运行效率和管理水平，为通畅的公众出行和可持续的经济发展服务[12]。



图 9. 智慧交通主要解决问题

面向未来智慧交通系统，智能化、安全化、数字化与绿色化将成为未来交通领域发展的主流趋势，逐渐形成现代化高质量综合立体的交通网络。面向未来智慧交通系统，L5 级无人驾驶、智能飞机、零排放列车等新型智慧交通方式将取得显著进展，成为人们的主流出行方式；出行大数据解析等交通信息化、自动化手段将满足出行者对交通状态实时感知的强烈诉求；未来交通运输系统的“超强大脑”可实现交通事故的自动侦测判定，事故成因、演化规律的分析以及管控策略的设计，成为交通管理者对交通建设管理的高效管控支撑手段。

3.3.2 智慧城市

智慧城市是以信息技术为核心，物联网为基础，利用智能识别、移动互联网和云计算等高新技术，集数字化、网络化、智能化于一体，依托信息产业发展和技术创新应用，通过整合信息资源，实现以用户创新、开放创新、大众创新、协同创新为特征的可持续创新，全面提升城市居民的生活质量和幸福指数，推动城市经济社会发展模式的转型和城市治理的现代化[13]。



图 10. 智慧城市

未来智慧城市将以社会需求为导向、以现代信息技术为基础，将数字孪生技术逐步应用到智慧城市中，打造数字化孪生城市。依托数字孪生的物联感知操控能力、全要素数字化表达能力等多维核心能力，全面感知城市脉动，实现数字孪生城市与实体城市的精准映射与实时互动，构建智慧城市时空地图，真实展现城市样貌、自然环境、城市细节等各种场景。数字孪生城市平台作为智慧城市的“大脑”，通过充分进行多源数据的时空关联融合，依据事件动态提供智能化协同响应，实现对城市全要素全状态的全景洞察，助力智慧城市建设。强大的通信网络极大的增强了数字孪生城市作为自适应系统的信息获取与融合的能力，为城市信息类资源流的动态平衡及城市的可持续发展注入强劲活力。

3.4 下一代物联网业务共性需求

总体来看，无论是消费型物联网、生产型物联网还是管理型物联网，都是以如何更加优化的满足人类生活，服务于人的“衣、食、住、行、学、医、养、服”多方需求应运而生。传统服务于人-人通信的网络，可以基于人类的高度智能实现信息的决策及系统的控制，通信质量的提升即可满足需求。服务于物的物联网要能实现去人工的全自动化，需从物物连接到物物智联，不仅要实现物体之间的联通，还要保证连接的可靠性、灵活性、可控性，以及信息传递的准确性、及时性、时效性。

海量物联网业务的智能化，对感知、传输、计算、应用、管理、安全提出全方位的挑战。普遍具有环境快速感知、网络异构融合、数据智能处理、终端智能交互、管理简洁灵活、信息安全可控等共性需求，共同推动下一代物联网革新升级，潜在发展趋势如下：1) 数据多维化、共享化：海量应用催生出海量的数据，数据类型繁多，且存在多学科、分散、异构等特点，种类和来源呈多样化，数据的开放共享将解决数据孤岛、信息孤岛等问题，为多维数据间的互操作提供了连通性和便捷性。2) 网络融合化、自治化：下一代物联网将通过陆、海、空、天四位一体化融合通信实现网络的“纵横联合”，解决不同网络间互联互通问题，实现端到端的数据互通、数据无缝传输，打造全生命周期自动、自优、自愈的自治网络。3) 处理智能化、协同化：智能化与协同化将贯穿于物联网数据处理的各个层级中，基于大数据、AI、边缘计算等技术，实现业务处理形态从单一数据处理向智能协同处理的演进。4) 终端泛在化、集成化：在无线接入技术高速发展与终端 AI 算力持续提升的联合加持下，物联网终端将呈现规模泛在化、功能集成化等特征。

4. 下一代物联网 6S 特征构想

结合下一代物联网的典型应用及共性需求，综合考虑物联网业务的全生命周期，从业务的产生识别，到信息的可靠传输、数据的高效处理，再到安全的整体保障、系统的极简管理，最后推进业务的未来衍生，未来物联网需具备如下特征：一是敏捷（Speedy），能够快速实现物联网丰富业务的识别、管理与优化；二是融合（Syncretic），实现物联网蜂窝网络与短距网络等异构网络间的纵向及横向融合，实现高可靠，高性能的一体化数据传输；三是协同（Synergistic），基于多系统、多维度的协同，实现物联网海量数据的实时、精准分析与处理；四是安全（Security），实现面向物联网业务的定制化全方位安全防护；五是极简（Simple），面向物联网的管理者，实现系统的全方位便捷化管理；六是共享（Shared），基于统一的系统架构，实现网络能力及资源的共享，支持物联网业务的不断丰富与衍生基于以上下一代物联网的 6S 特征，一个崭新的物物连接的时代即将开启。



图 11.下一代物联网 6S 特征

4.1 敏捷

未来随着物联网的快速发展，将催生出不计其数的业务需求。与传统物联网业务不同的是，下一代物联网业务将随着数据的交互、分析而灵活化生成，即业务将具有自生长的特性。为适应物联网业务灵活化、随机化产生的特性，物联网系统需准确理解不同业务的差异化意图，并能适应跨多技术领域的复杂环境，快速地完成业务意图的准确发现与识别。同时，系统需具备快速且精准分析网络资源的能力，以实现业务需求与网络能力的精准匹配。其次，系统需实时监控业务需求的变化，提前识别网络故障，及时调整网络资源配置，保证业务和资源的高效动态匹配，从而形成集聚业务意图感知、分析、决策下发、智能运维于一体的全生命周期闭环系统，实现网随业动。

通过引入语义识别、模型库、大数据、AI感知、云计算及数字孪生等技术，可快速实现业务意图理解、转换，实时网络状态感知，建立数字化网络模型，以持续验证网络与意图一致性，及进行预测性维护，从而形成一个完整闭环系统。

- 1) 业务意图感知：基于语义识别技术，精准识别业务意图，并将业务意图翻译成网络能够理解的策略及语言；基于模型库技术，进行持续建模、行为学习和训练，通过对比感知数据和物联网业务模型库，进行业务异常标识，在发现异常并及时预警，提前将重要业务迁移或者改进调度策略。
- 2) 意图分析及策略下发：基于大数据分析及 AI 感知，实现业务与网络的双向智能感知，深层次可视性，通过仿真校验、事前和事后验证、实时分析等技术，模拟业务下发策略，分析网络配置影响，并持续验证下发配置、策略与业务意图的一致性。
- 3) 精准预测及智能运维：基于 AI、大数据、云计算、数字孪生等技术，建立数字化可视模型，对采集的各类数据以及服务行为进行实时分析，实现业务的实时可视、资源的精准预测以及持续性预测性维护，同时使能数据在各功能模块间的同步和共享，简化并提升各模块间的协作，最大化业务敏捷性。

4.2 融合

4G 时代，移动网络虽然覆盖了全球 90% 的人口，却只覆盖了不到 20% 的全球区域，在其他 80% 的区域里，环境监测、灾害防护、应急搜救、国防监测等都需要通过扩大网络覆盖来实现。为了实现全球化的无缝网络覆盖，陆、海、空、天四位一体化融合通信已成为下一代物联网的发展趋势。下一代物联网通过地面无线通信（蜂窝、短距等）、无人机等空中通信、高中低轨卫星通信、海洋通信（岸基、无人平台、水下运动载体等）技术的融合实现网络的“纵横联合”，解决不同网络间互联互通问题，实现端到端的数据互通、数据无缝传输。同时，陆-海-空-天融合通信可以提升物物传输性能，提高网络的可用性和可靠性、扩大网络覆盖范围、充分利用网络的资源、降低网络运营商和服务商成本、满足多样化的业务需求。

为了提供覆盖全球的综合性信息服务，陆-海-空-天融合通信网络将在多个独立建设的陆基、海基、空基、天基信息系统的基础上逐渐实现融合通信。1) 多个天基网络的融合发展：天基网络的融合既包括通过星间链路实现天基网络的空间连通，同时也包括多层天基网络间的拓展以及单一功能的天基网络向多功能天基网络拓展。2) 地基网络与天基网络融合发展：地基网络与天基网络面对不同的应用场景各具优势，可以互相补充。地基网络包括蜂窝网络和非蜂窝网络（如短距通信），地基网络间的信息融合可以通过基于数字孪生的物联网终端信息监管技术、异构无线网络直连技术等实现。同时，经过适应空间环境的改造后，SDN/NFV/网络切片等技术也逐步应用于天基网络，并将用于地基网络与天基网络的融合发展。3) 空基网络与天基、陆基网络的融合：空基网络指的是无人机、飞机、飞艇等各类飞行器组成的网络。与天基平台相比，空基通信距离短，时延小，但可同时与卫星和地面系统保持通信，是陆-海-空-天融合通信的不可缺少的组成部分。4) 海基网络与天基、陆基网络的融合：共

同组成深海远洋通信网络。深海远洋通信网络可以分为海洋通信网络和水下通信网络。其中，海洋通信网络包括海上无线通信系统、海洋卫星通信系统和基于陆地蜂窝网络的海岸移动通信系统，它能够保障近海、远海和远洋的船舶-海岸、船舶-船舶的日常通信。水下通信主要包括声波、电磁波和光波，将两种甚至三种通信方式融合发展是水下通信的未来发展方向。

4.3 协同

互联网时代，主要是解决信息在人与人之间的传输，通过人类本身具有的信息处理能力来完成对于信息的理解及后续的决策，因此，信息的互通在互联网时代是重中之重。而在物联网时代，仅实现物物连接的信息互通无法解决根本问题，因为物体对于信息的处理能力远不及人类，尤其物体在获取多源信息后将如何解析，这就需要赋予物以协同化数据处理能力。因此，在物联网的时代，协同化需要全面植入到下一代物联网数据处理的各个层级中，从多源感知数据处理、多类型数据协同存储、统一数据分析架构设计等多方面去定义与实现物联网多源数据的协同处理，从而应对不断激增的物联网海量多源数据处理的需求，并且满足不断衍生的物联网新应用对于强大算力的匹配需求。

多系统协同感知、多协议融合技术、协同分析引擎、“端-边-云”智能协同等关键技术将助力未来协同化的基因渗透到物联网数据处理的各个环节。1) 协同感知处理：基于多系统协同感知，通过 AI 技术自动感知和采集多个系统的元数据，并进行数据协同分类，从而生成全局统一的数据视图，数据寻找可达秒级响应。2) 协同存储：通过智能分布式存储的多协议融合技术，打破存储系统烟囱式建设，实现多类型数据协同存储。3) 协同分析引擎：基于统一数据分析架构，满足一份数据同时支持数据

库、大数据、AI等多引擎协同分析需求，实现从单一数据处理到智能协同处理的演进，从而降低海量数据的处理难度，加速发掘数据价值，实现极简分析。4) “端-边-云”智能协同：通过“端-边-云”智能协同，可以针对不同业务对算法、算力及数据资源的性能需求，构建业务自动部署、资源按需分配的业务智能处理形态。不仅能满足业务严苛的性能需求，同时能够节约主干网络传输资源，提升网络利用率。此外，数据封闭式现场级处理可以满足业务高隐私性及安全性需求。

4.4 安全

物联网市场发展迅速，终端数量剧增，安全隐患大，而失去安全防护的物联网也将一无是处。物联网设备具有型号多、微型化、轻量化的特点，这些特点将在未来发展中更加明显，现有粗粒度、大体量的安全解决方案无法适应。同时，在业务云化趋势下，安全边界愈加模糊，传统单点防御手段难以发挥作用；新型攻击复杂且隐蔽，传统被动防御手段无法有效识别，威胁检测及响应处置周期变长[14]。因此，面对下一代物联网的安全需求，应实现从粗放防护到精准防护，单点防护到整体防护，被动防护到主动防护，静态防护到动态防护的多维度变革。

为了提供精准化、整体化、主动化、动态化的四维安全防护手段，构建全网主动防御体系，需要充分利用网络安全态势感知技术，搭建完善的自适应安全框架及开放的微服务软件架构，设法建立一个让攻击者“进不来、看不见、搞不坏、走不脱”的体系，从风险检测、安全响应、安全运维多个角度建立不利于攻击方存活的环境，扭转攻防不对称局面。1) 精准防护：通过机器学习、人工智能、大数据等技术，构建网络安全态势感知系统，实现未知威胁的精确检测，从已知数据预测可能发生的安全威胁事件，从而进行安全状态评价、安全趋势预测、异常行为呈现和安全风险预警，

下一代物联网发展构想白皮书

实现精准快速的安全威胁识别。2) 整体防护：通过威胁溯源取证，基于攻击链的关联，实现攻击路径可视化，从而可以通过呈现的结果数据去发现、理解全网的安全威胁，实现全网协防联动，进而快速清除风险，一键自动隔离和修复受侵终端。3) 主动防护：构建物联网终端防御、管道保障、云端保护的安全技术群，主动防护并抵御系统中可能存在的安全漏洞以及新型攻击手段，在物联网供应链中寻找最佳防御点，采取针对性防御技术，以实现系统主动防御攻击能力，充分保证系统可靠性。4) 动态防护：通过对海量多源信息的采集及分析，基于机器学习、大数据等技术，在攻击者对静态性和确定性的信息系统展开攻击时设置攻击障碍，使系统呈现不可预测的变化状态，让攻击者难以发现系统漏洞，以实现系统的动态安全防护。

4.5 极简

为满足丰富化、海量化、微型化物联网业务发展需求，下一代物联网系统将引入众多高精尖技术，但任何一个高效、灵活的网络一定是朝着极简方向进行发展，极简可以加速物联网敏捷化、智能化、融合化的发展进程，因此，极简是下一代物联网发展的重要目标。通过操作简化、部署简化、和运维简化等，实现业务敏捷高效，网络统一承载、计算智能协同、资源按需调度、安全策略随行，有效增强用户体验感、提升业务部署效率、降低运维成本，极大降低网络优化调整的时间及难度，满足下一代物联网高动态、高灵活化需求，打造端到端极简的下一代物联网体系架构[15]。

基于业务敏捷设计、异构网络互联互通、统一的端到端网络协议及数字孪生等技术，可实现面向管理者的极简物联网体系架构。1) 极简操作：用户仅需要表述业务意图，系统将自动将其转换、下发，从网络规划设计、网络资源分配、业务部署到系统运维验证，实现全生命周期自动化。2) 极简部署：未来不断丰富和衍生的物联网

业务应用会形成统一的部署规范，打造网络间的互联互通、接入协议的端到端统一和设备的即插即用，使得开发者在最短时间内完成业务的上线与开通。3) 极简运维：在数字化转型的趋势下，引入大数据、数字孪生等技术，构建互联互通的数字世界，将数字孪生与 IoT 设备、业务相结合，通过模拟仿真、实时预测，并结合智能数据分析和 AI 服务，实现跟踪过去，预测未来的全生命周期极简运维。

4.6 共享

为满足物联网业务不断丰富，不断衍生的需求，需尽可能发掘物联网系统的可复用性，提升系统的利用效率，从而基于一套物联网系统来支持实现丰富的物联网业务，“以不变应万变”，创造无限可能。下一代物联网的共享特性包括能力和资源的共享。现阶段，物联网以垂直应用为主的“烟囱式”发展，以行业应用、闭环应用为主，一定程度上属于内联网、专用网。这种模式建设成本高、重复性大、物体/信息共享难、应用系统间互联互通难，既难以适应规模化、协同化发展要求，也难以引导和催生物联网更大的、潜在的发展。通过能力和资源的共享，可以实现共性能力、资源的有效利用，降低重复建设、减少烟囱式协作的成本，同时满足物联网系统数据通用、业务组件化、可复用、灵活扩展的需求。

针对重复造轮子和传统物联网烟囱式架构对物联网资源的浪费以及低效率利用的问题，下一代物联网将通过微服务、虚拟化等技术，实现能力和资源的共享。1) 能力共享：将业务按照高内聚低耦合的原则拆分为多个可以独立运行、独立开发、独立部署、独立运维的微服务，从而实现产品技术能力、业务通用能力、数据运营能力等共性能力的共享。现阶段，物联网仅限于同系统设备间的互联互通，不考虑周围的相关设备或信息系统，天生是信息的孤岛，可以看作一个垂直烟囱系统，其功能模块

难以拆分和扩容。功能模块难以拆分和扩容，微服务将业务拆分为能够满足上层业务对底层服务自由编排的共性服务，这些服务以全自动的方式部署，不同服务间可以相互通信和调用。通过不同微服务的灵活组装可以满足上层灵活多变的业务需求，同时也可以满足分布式多团队并行开发的需求。2) 资源共享：通过虚拟化技术可以实现异构的计算资源、存储资源和网络资源的整合，构建动态的虚拟化资源池，使用虚拟化资源的调度与管理技术实现各种资源的自动部署、动态扩展和按需分配，资源的虚拟化及调度管理技术可以实现系统计算、存储和网络资源的动态共享。资源的共享可以有效提升资源部署效率，解决资源碎片化问题，提高部署密度；同时增强任务的可迁移性，提高资源的可靠性，降低资源管理成本。

5. 结束语

近年来，以数字驱动为特征、数据资源为要素的数字经济蓬勃发展，激发出新的经济增长动力，带动下一代物联网快速成长。同时，随着各式各样智能设备的普及以及传感器的大规模部署，下一代物联网的智能化与数字化程度将逐步演进与加深，进一步助力整个社会的数字经济转型。智能数据的产生、收集、处理、决策和应用将成为新的核心价值增长点，催生新的业务场景和需求。人工智能(AI)、云计算、大数据、区块链、边缘计算等一系列新的技术的引入，将助力物联网在教育、交通、医疗、工业等各领域快速落地应用。同时丰富的应用以及海量的终端将产生海量的数据处理及传输的需求，整个系统的资源需求量会随之增加。业务场景的丰富化，技术发展的精进化，终端数据的海量化，将成为下一代物联网快速发展的原生动力，共同驱动基于数字孪生的下一代物联网向数据多维化、共享化，网络融合化、自治化，处理智能化、协同化，终端泛在化、集成化的趋势发展，全面构建满足“敏捷、融合、协同、安全、

■ 下一代物联网发展构想白皮书

极简、共享”6S特征的下一代物联网。

中国移动践行“创新驱动发展”的理念，持续深入分析产业行业趋势变化，把握新一代信息技术深度融合经济社会民生的历史性机遇，提升自主创新能力，培育壮大发展新动能，构筑面向未来的核心竞争优势，推进下一代物联网向数智化转型。本白皮书结合物联网发展趋势，提出中国移动下一代物联网物发展6S特征构想，希望与各产业合作伙伴共同推进下一代物联网发展及产业成熟。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
GSMA	Global System for Mobile Communications assembly	全球移动通信系统协会
RFID	Radio Frequency Identification	无线射频识别
NFC	Near field communication	近距离无线通信
NB-IoT	Narrow Band -Internet of Things	窄带物联网
ETC	Electronic the collection	电子不停车收费系统
2G	2th generation mobile networks	第二代移动通信技术
3G	3th generation mobile networks	第三代移动通信技术
4G	4th generation mobile networks	第四代移动通信技术
5G	5th generation mobile networks	第五代移动通信技术
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AR	Augmented Reality	增强现实
VR	Virtual Reality	虚拟现实技术
SDN	Software Defined Network	软件定义网络
NFV	Network Functions Virtualization	网络功能虚拟化

参考文献

- [1] “2010 年国务院政府工作报告”，2010-03-05.
- [2] Focus, “The explosive growth of the Internet of Things,” *Smart Buildings and Smart Cities*, vol. 1, no. 14, pp. 18-19, 2017.
- [3] S. Jay, “The total economy of the Internet of Things will reach US\$11 trillion in 2025,” *Chinese and Foreign Management*, pp. 17-18, 2018.
- [4] Y. Feng, X. Li, K. Jiang, and X. Chen, “The development logic of the Internet of Things and business model innovation,” *Communication Enterprise Management*, vol. 397, no. 05, pp. 38-42, 2020.
- [5] 沃达丰. “2019 年物联网市场晴雨表调查报告,” 2019-02.
- [6] 山西证券. “行业深度研究报告:从连接量变到数据质变, 物联网将二次爆发,” 2020.
- [7] 中国信息通信研究院. “物联网白皮书 (2020 年),” 2020-12.
- [8] X. Li, and L. D. Xu, “A Review of Internet of Things-Resource Allocation,” *IEEE Internet of Things Journal*, vol. pp, no. 99, pp. 1-1, Nov. 2020.
- [9] J. Leng, Z. Lin, and P. Wang, “Poster Abstract: An Implementation of an Internet of Things System for Smart Hospitals,” in *Proc. IoTDI’ 20*, Sydney, Australia, May, 2020, pp. 254-255.
- [10] 工业互联网产业联盟, “工业数字孪生白皮书,” 2020-04.
- [11] J. Ruan et al., “A Life Cycle Framework of Green IoT-Based Agriculture and Its Finance, Operation, and Management Issues,” *IEEE Communications Magazine*, vol. 57, no. 3, pp. 90-96, Mar. 2019.

- [12] J. Ma, S. Feng, X. Li, X. Zhang, and D. Zhang, “Research on the Internet of Things Architecture for Intelligent Passenger Transportation Services and its Application,” in Proc. 2019 4th ICECTT’ 19, Guilin, China, Jul. 2019, pp. 194-197.
- [13] 中国信息通信研究院. “数字孪生城市白皮书,” 2020-12.
- [14] K. Gupta, and S. Shukla, “Internet of Things: Security challenges for next generation networks,” in Proc. ICICCS-INBUSH’ 16, Noida, India, Feb. 2016, pp. 3-5.
- [15] S. Park, N. Crespi, H. Park, and S. Kim, “IoT routing architecture with autonomous systems of things,” in Proc. IEEE WF-IoT’ 14, Seoul, Apr. 2014, pp. 442-445.

版权声明

本白皮书版权属于中国移动，并受法律保护。任何单位和个人未经中国移动书面授权，不得以任何目的（包括但不限于学习、研究等非商业用途）修改、使用、复制、截取、编纂、上传、下载等方式转载和传播本书中的任何部分，授权后转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：中国移动”。违法上述声明者，将被追究其相关法律责任。

联合编写单位及作者

中国移动通信有限公司研究院：

肖善鹏、牛亚文、马帅、李凤、李源、丁郁、郗雅坤、张春天

北京邮电大学：

马华东、刘亮、郑霄龙