

doi:10.11959/j.issn.2096-3750.2017.00013

## 基于“3S”模式的物联网科技产业创新发展策略

朱洪波<sup>1</sup>, 尹浩<sup>2</sup>

(1. 南京邮电大学, 江苏 南京 210003; 2. 军事科学院, 北京 100091)

**摘要:** 以从“信息传输”技术到“信息服务”技术的社会驱动和从“以网络为中心的服务”到“以服务为中心的网络”的信息科技创新策略等物联网的技术思想与学术观点深入分析了物联网信息科技发展的现状与趋势、机遇与挑战, 研究提出了一种基于“3S”的体系架构及其系统模式, 深入讨论了物联网科技产业的未来发展策略, 探索研究了一种推动物联网科技产业发展的学术思想和创新解决方案。

**关键词:** 物联网; 科技产业发展; 科技创新策略; 3S 体系架构; 智慧服务系统

中图分类号: TP393

文献标识码: A

## The innovation and development strategy of the Internet of Things science and technology industry based on the “3S” mode

ZHU Hong-bo<sup>1</sup>, YIN Hao<sup>2</sup>

(1. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. Chinese Academy of Military Science, Beijing 100091, China)

**Abstract:** The present situation and trend, opportunities, and challenges of the development of Internet of Things (IoT) science and technology industry based on the technical ideas and academic views of IoT are systematically analyzed, including the social drive from the “information transmission” technology to “information service” technology and the information technology innovation strategy from the “network-centric services” to “service-centric networks”. An architecture based on “3S” and its system model is proposed, the future development strategy for IoT science and technology industry is discussed, and a kind of academic idea and innovative solution to promote the development of IoT science and technology industry is explored.

**Key words:** Internet of Things (IoT), development of technology industry, technology innovation strategy, 3S architecture, smart service system

### 1 引言

物联网 (Internet of Things), 顾名思义就是连接物体的网络, 其技术思想就是采用新一代信息系统和传感技术将位于信息服务空间内的所有事物 (包括人、机、物在内所有的实体和虚拟对象) 都以泛在信息网络形式联接起来进行信息传输和交互, 对所连接的物体进行智能化识别、定位、跟踪、监控和管理, 并且实现类人化的知识学习、分析处理、自动决策和行为控制, 最终完成满足需求的系统性智慧服务<sup>[1-5]</sup>。处在这样一个空间的人类生活社会形态和生存环境将会被彻底颠覆, 我们将面临

一个全新的物联网世界。

在我们所熟知的通信世界, 当信息传输空间内的人作为智能系统被网络联接时, 人际信息传输产生的行为或者服务可以认为是智慧的, 信息经过智慧的大脑和系统实现了思考、决策和控制、行为实施, 信息系统只是承担了信息化的传输功能; 可是当信息服务空间内的各种非智能事物和对象被网络联接时, 仅仅进行事物间信息传输就无法实现智慧化行为或服务目标, 因此, 要求信息系统还必须承担起智慧化的服务功能和具备行为能力, 应该包括学习、处理、决策和控制的能力<sup>[5,6]</sup>。这就是物联网对信息科技产业的发展需求。

物联网促进信息科技产业发生革命性变化,推动信息社会创新发展进入一个全新的时代。

## 2 物联网科技产业发展现状与趋势

### 2.1 全球物联网科技产业发展现状与趋势

当前,物联网已成为全球新一轮科技革命与产业变革的核心驱动力,历经概念兴起驱动、示范应用引领,技术显著进步和产业逐步成熟,正加快转化为现实的科技生产力,从影响生产工具和产品的量变跃升为重塑生产组织方式的基础设施和关键要素的质变,颠覆了传统的产业形态和变革了人们的生活方式,催生大量新技术、新产品和新应用。物联网科技产业在全球范围内呈现加速发展态势,正加速与制造技术、新能源、新材料等其他领域的融合,已经步入产业大变革的前夜,开始迎来大发展时代<sup>[7]</sup>。

全球物联网应用增长需求强劲推动产业生态蓬勃发展。随着物联网应用的普及和逐渐成熟,不同行业 and 不同类型的应用需求,使物联网将成为经济增长的主推手,如可穿戴设备、智能家电、自动驾驶汽车、智能机器人等,数以百亿计的新设备接入网络。2010 年全球物联网接入设备数量已达到 60 亿个,2015 年全球物联网接入设备数量达到 135 亿个,2016 年全球物联网接入设备数量达到 160 亿个,增长率达到 18.5%。国际电信联盟 (ITU) 预测,到 2020 年全球将有 500 亿设备连接到物联网,市场规模超万亿美元,而全世界智慧城市的总投资将达到 1 200 亿美元。另外,物联网形成的海量数据价值的挖掘反过来又加速推动物联网产业生态健康发展。

信息通信技术进步推动物联网产业突破创新和加速推广。物联网协同移动互联网、云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术加速向各领域渗透,引发全球性产业分工格局重大变革。在组网方面,全球范围内低功率广域网 (LPWAN) 技术快速兴起并逐步商用,面向物联网广覆盖、低时延场景的 5G 技术标准化进程加速,同时,工业以太网、LTE-V、短距离通信技术等相关通信技术快速发展等,为人、机、物组网互连提供良好的技术支撑;另外,在信息处理方面,以信息提取、知识表现、机器学习等人工智能方法和应用技术的迅速发展,极大地提升了物联网数据处理能力。同时,在物联网平台与操作系统方面,基于云计算及开源软件等

广泛应用,有效降低了企业构建生态的门槛,推动全球范围内水平化物联网平台的兴起和操作系统的进步。

各国意图抢占物联网发展先机推动产业优先布局。以物联网应用为代表的战略性新兴产业逐渐成为推动全球经济复苏和增长的主要动力。各国特别是美国、欧盟等发达国家和地区高度重视物联网新一轮发展带来的产业机遇,纷纷在顶层设计、产业生态与政策环境建设、大规模应用示范等方面加快推进,积极抢占物联网发展先机。在产业层面,产业巨头纷纷制定其物联网发展战略,并通过并购、合作等方式快速进行重点行业 and 产业链关键环节的布局,意图争夺物联网未来发展的战略导向,提升对整个产业的把控能力;另外,亚马逊、苹果、Intel、高通、SAP、IBM、阿里巴巴、腾讯、百度等全球知名企业均从不同环节和层面布局物联网发展战略。

### 2.2 我国物联网科技产业发展现状与趋势

近年来,我国物联网产业发展与国际保持同步,已初步建立了“纵向一体”的物联网政策体系,形成了较为完整的物联网产业体系,物联网应用发展进入实质性推进阶段,已成为增强我国经济发展后劲和国际竞争力、促进产业转型升级、推动经济社会又好又快发展的重要力量。当前,我国正处于新一轮工业革命和产业化革命的关键时期,“中国制造 2025”和“互联网+”国家行动计划的实施,形成以“互联网+”、产品融合、网络融合、制造与服务融合,以及信息技术向其他产业渗透等为主要特征的融合发展,产业格局和发展模式正在发生深刻变革。物联网作为“中国制造 2025”和“互联网+”行动计划的驱动器,与现代制造业、移动互联网、云计算、大数据、人工智能等产业创新融合趋势明显,市场规模将不断加大,物联网行业应用加快发展,产业潜力加速释放,为物联网产业快速发展提供强大的推进力。根据预测,到 2030 年物联网将为中国额外创造 1.8 万亿美元的累计 GDP 增长<sup>[7]</sup>。

随着物联网研发水平的不断提升,我国在芯片、通信协议、网络管理等领域取得了一系列的创新成果 and 行业标准,物联网产业公共服务体系也日渐完善,初步建成一批作为共性技术研发、检验检测、投融资、标识解析、成果转化、人才培养、信息服务的公共服务平台。物联网技术逐步突破、生产成本逐渐降低以及物联网平台的兴起,都大力推

动了物联网的规模化应用。尤其是 2016 年以来，物联网科技产业在信息传输技术方面取得重大突破，NB-IoT 标准、新版本的蓝牙和 Wi-Fi、5G 技术等取得重大突破，为物联网的规模化应用奠定了基础<sup>[8]</sup>。此外，物联网平台的发展推动物联网应用由垂直一体化封闭模式向水平环节为核心的开放模式转变。而由物联网芯片、传感器技术进步而带来的成本下降，也加快了物联网规模化应用的步伐<sup>[7]</sup>。

已经初步建成一定规模的物联网产业体系。已形成包括芯片、元器件、设备、软件、系统集成、运营、应用服务在内的较为完整的物联网产业链。2015 年物联网产业规模达到 7 500 亿元，“十二五”年复合增长率为 25%。公众网络的机器到机器 (M2M) 连接数突破 1 亿，占全球总量 31%，成为全球最大市场。物联网产业已形成环渤海、长三角、泛珠三角以及中西部地区四大区域聚集发展的格局，无锡、重庆、杭州、福州等新型工业化产业示范基地建设初见成效。涌现出一大批具备较强实力的物联网领军企业，互联网龙头企业成为物联网发展的重要新兴力量。

已经形成一批具有代表性的物联网科技创新成果。在芯片、传感器、智能终端、中间件、架构、标准制定等领域取得一大批研究成果。光纤传感器、红外传感器技术达到国际先进水平，超高频智能卡、微波无源无线射频识别 (RFID)、北斗芯片技术水平大幅提升，微机电系统 (MEMS) 传感器实现批量生产，物联网中间件平台、多功能便捷式智能终端研发取得突破。一批实验室、工程中心和大学科技园等创新载体已经建成并发挥良好的支撑作用。物联网标准体系加快建立，已完成 200 多项物联网基础共性和重点应用国家标准立项。我国主导完成多项物联网国际标准，国际标准制定话语权明显提升。

持续深化推进物联网规模化应用示范。在工业、农业、能源、物流等行业的提质增效、转型升级中作用明显，物联网与移动互联网融合推动家居、健康、养老、娱乐等民生应用创新空前活跃，在公共安全、城市交通、设施管理、管网监测等智慧城市领域的应用显著提升了城市管理智能化水平。物联网应用规模与水平不断提升，在智能交通、车联网、物流追溯、安全生产、医疗健康、能源管理等智慧经济领域已形成一批成熟的运营服务平

台和商业模式，高速公路电子不停车收费系统 (ETC) 实现全国联网，部分物联网应用达到了千万级用户规模。

预计未来 3 年<sup>[7]</sup>，伴随着“中国制造 2025”、“互联网+”等战略深入实施，在智能制造、智慧城市、消费升级的带动下，在低功耗广域网、5G、芯片及传感器技术不断取得突破的支撑下，我国物联网市场发展趋势向好。2017 年，相关重点技术还未大规模应用，市场增速将有所回落，市场规模达到 11 000 亿元，增速回落到 17%；2018 到 2019 年，市场规模将加速发展，达到 13 000 亿元和 15 800 亿元，增速达到 18.2% 和 21.5%。未来 3 年，伴随物联网平台化的发展趋势以及大数据应用的不断，物联网平台层市场占比将逐步提升，由 2016 年的 14.3% 增长到 2019 年的 15.7%。相应的传输层市场占比将由 2016 年的 33.5% 下降到 2019 年的 32.7%。而感知层、应用层和支撑层整体相对稳定。

2017~2019 年，随着物联网价值由硬件向基于数据的服务转移，物联网市场中服务占比将由 2016 年的 18.9% 增长到 19.5%，硬件占比将由 2016 年的 52.8% 下降到 2019 年的 51.7%，软件占比在整体稳定的基础上小幅增长，由 2016 年的 28.3% 增长到 2019 年的 28.8%。

伴随智能制造的深入应用，智能工业领域将会快速发展。预计到 2019 年，智能工业占比将由 2016 年的 21.3% 增长到 24.3%。此外，伴随着老龄化的加剧，智慧医疗健康领域将迎来加速发展阶段，其占比将由 2016 年的 7.2% 增长到 2019 年的 8.5%。伴随着消费升级，智能家居的应用也将不断深入，其占比将从 2016 年的 5.5% 增长到 2019 年的 6.5%。而相应的智慧安防、智慧电力、智慧交通占比将会有所下降。

### 3 物联网科技产业的战略挑战与问题分析

#### 3.1 物联网给信息科技产业发展提出的问题与思考

我国物联网科技产业发展面临的瓶颈和深层次挑战依然突出<sup>[7,9]</sup>，目前存在以下主要问题。

一是科技产业生态竞争力不强，与物联网产业相关的芯片、传感器、操作系统等核心基础能力依然薄弱，高端产品研发能力不强，原始创新能力与发达国家差距较大。

二是科技产业链协同性不强，缺少整合产业链

上下游资源以及引领产业协调发展的物联网龙头企业。

三是物联网标准体系仍不完善,相当一部分内容还停留在传统的信息传输技术标准方面,一些重要标准研究进度较慢,跨行业应用标准制定难度较大,需要通过技术与服务的标准化真正推动物联网的大规模产业化应用。

四是物联网与行业融合发展有待进一步深化,成熟的商业模式仍然缺乏,发展新技术新业态面临跨行业体制机制障碍。

五是物联网信息安全形势依然严峻,设施安全、数据安全、个人信息安全和用户服务安全等问题尤为突出,亟待解决。

面对物联网发展的挑战与机遇并存,科技产业界需要进行以下深刻思考。

1) 物联网科技产业与传统的信息科技产业之间如何区分。

2) 什么是物联网的核心技术,包括我们所理解的物联网技术究竟是对传统信息技术的改良还是一次颠覆性的技术革命。

3) 物联网科技产业的未来只是传统信息系统面向产业需求的信息化应用还是期待一种信息系统与物理系统相融合的新一代智能化信息服务系统。

4) 如何应对日趋激烈的科技产业生态竞争。

5) 如何加强基础产业和科技创新能力。

6) 如何有效打破行业应用壁垒。

7) 如何解决好物联网安全问题。

8) 目前物联网科技产业的发展犹如盲人摸象,各个局部都很重要,却各自为阵、自我表述、重复建设、行为短视、目标模糊、资源浪费和严重碎片,因此,如何提出一种系统级的物联网体系架构并且进行战略模式的顶层设计去指导物联网科技产业的未来总体发展思路。

### 3.2 物联网的产业生态及其产业链问题

我国的产业生态竞争日趋激烈。物联网成为后互联网时代新的产业竞争制高点,生态构建和产业布局正在全球加速展开。例如,国际企业利用自身优势加快互联网服务、整机设备、核心芯片、操作系统、传感器件等产业链布局,操作系统与云平台一体化成为掌控生态主导权的重要手段,工业制造、车联网和智能家居等智慧化产业成为产业竞争的重点领域。我国电信、互联网和

制造企业也加大力度整合平台服务和产品制造等资源,积极构建产业生态体系,积极应对国际竞争态势。

面对供给侧改革和消费侧升级的双重驱动,信息技术正在加速融合创新发展,我国必须重新审视物联网对经济社会发展的基础性、先导性和战略意义,牢牢把握物联网发展的新一轮重大转折机遇,进一步聚焦发展方向,优化调整发展思路,制定实施新的物联网行动计划,继续推动我国物联网产业保持健康有序发展,抢占物联网生态发展主动权和话语权,为制造强国和网络强国建设奠定坚实基础。

智慧城市等物联网智能化产业发展正在牵引与带动庞大的市场需求,形成了强大的创新推动力,使得我国物联网相关技术与产业总体得到蓬勃发展,应用创新不断涌现,渗透到了人们日常生活的各个环节,商业与服务模式也在日新月异的变化。但是在共性技术基础上仍存在着深度挖掘和创新空间,缺乏精确化、精准化的政策支持和引导,在上、下游产业链构架和体系上均存在着多个薄弱环节,尤其是上游的基础产品敏感元器件与传感器的产业化,以及产用结合上存在较大的差距和发展空间,如何挖掘以基础技术为主体、以应用服务技术为纽带的产业“共性技术”是决定物联网能否可持续发展的关键。在产业化应用方面存在着整体规划和行业领域的协同性问题,因为部门及行业利益分割以及政策协同性不够而形成了一定技术壁垒,导致产业技术应用孤岛化和碎片化现象较为突出。

### 3.3 物联网标准与安全问题

标准化建设相对滞后使得行业应用之间碎片化和壁垒化严重。物联网是一个多设备、多网络、多应用、互联互通、互相融合的巨大网络服务环境,相关的接口、通信协议等都需要有通过统一标准来指导。目前物联网在政、产、学、研和其他创新主体之间存在人才、资源、技术、信息共享方面的壁垒,导致创新能力不足、创新资源分散、创新效率低下,各行各业以及各个区域的物联网都各有自己的标准,标准很多,又缺乏权威性,这就导致不同的物联网项目、产品及业务之间难以互通,成为一群碎片式“孤岛”。全球的几十个标准化组织仅仅针对 RFID 就出台了 200 多个标准,因此,全球超过 20 000 种传感器的标准

状况更是可想而知。物联网标准的不统一正严重制约着物联网的发展。

物联网发展也面临严重的安全挑战。信息服务安全至关重要，没有安全的物联网将会无人敢用，信息安全已经成为制约物联网战略发展的瓶颈。必须尽快打造智慧服务产业的信息安全体系结构，驱动物联网信息安全与生产制造业、信息服务业的协同创新，保障物联网科技产业的安全可靠发展。

### 3.4 物联网的商业模式与市场化机制问题

我国物联网应用领域广泛，已经逐步形成了一定的商业模式，但是迫切需要探索的是如何创建物联网的服务市场，如何引领物联网的用户需求。因此，针对如何建立全新的物联网商业模式和市场化机制，需要思考以下问题。

1) 产业应用离散化碎片化，缺乏先进的市场化机制进行规范。目前的物联网应用多以局部性试点为主，大部分都属于初步应用，尚未形成大规模示范作用，应用规模普遍较小，产业应用呈现分散性，各应用间缺乏共通性。以交通领域的ETC应用为例，我国大部分地区都建有ETC车道，但联网管理和收费仍仅限于京津冀和长三角、珠三角地区，各地的经济与社会发展水平不均衡，各地的高速公路建设和管理模式也不尽相同，我国现有的收费高速公路采取多渠道融资、多方参与建设及各自独立管理的运行模式，各方利益难以协调和平衡，不同地区的ETC系统互不兼容，ETC跨地区联网需进行大量的管理和技术协调工作。

2) 受商业模式制约愈加明显。物联网产业化应用的商业模式不统一将是制约应用规模化发展的主要障碍。虽然近年来我国技术整体落后的局面已有明显改善，但滞后的商业模式仍无法完全满足大规模应用对物联网产品低成本、低能耗、高智能、高可靠性的要求，没有实现应用与研发和产业化的有机互动，也无法满足大量以传感器为核心的工业环境监测、农业生长环境监测、环保监测、医疗监测、大型结构装备安全监测等应用的大规模实施建设。

3) 现有政策的限制与市场应用推广间的矛盾仍需调和。一方面，虽然物联网技术、产品、应用发展迅速，催生出层出不穷的商业模式，但受限于现有政策、观念、经验及应用现状等，尚未形成切

实可行、易于推广的商业模式，难以进行大规模的复制推广；另一方面，新生的商业模式，与现有监管政策和体制机制间的矛盾，也限制了物联网应用的大规模推广。

### 3.5 物联网的基础设施与科技创新问题

基础产业和科技创新能力薄弱。面向物联网智慧服务的核心技术和关键技术尚未取得重要突破，系统级的智能化技术产品还没有形成，未能达到面向具体行业的产业化、规模化水平；在智慧城市的发展过程中，尽管通过平台和大数据将不同应用集成到平台上，但仅是孤岛式的信息化集成应用，并远未达到智能化水平；并且大多数应用还只是在现有技术应用基础上“贴标签”，可谓是“新瓶装老酒”，很难提高发展的层次，急需提高物联网基础产业和科技创新能力，从根本上解决物联网发展的技术支撑问题。

一个万物互联的时代已经到来<sup>[8]</sup>。物联网将进入新的历史发展阶段，智能可穿戴设备、智能家电、智能网联汽车、智能机器人等数以万亿计的新设备将接入网络，形成海量数据，应用呈现爆发性增长，促进生产生活和社会管理方式进一步向智能化、精细化、网络化方向转变，经济社会发展更加智能、高效。第五代移动通信技术（5G）、窄带物联网（NB-IoT）等新技术为万物互联提供了强大的基础设施支撑能力<sup>[10,11]</sup>。万物互联的泛在接入、高效传输、海量异构信息处理和设备智能控制，以及由此引发的安全问题等，都对发展物联网技术和应用提出了更高要求。

但是物联网大规模产业化应用需求迫切期待创新发展新一代的信息系统。物联网万亿级的垂直行业市场正在不断兴起。智能制造业成为物联网的重要应用领域，相关国家纷纷提出发展“工业互联网”和“工业4.0”，我国提出建设制造强国、网络强国，推进供给侧结构性改革，以信息物理系统（CPS）为代表的革命性物联网智能信息系统与技术将在制造业智能化、网络化、服务化等转型升级方面发挥重要作用。包括车联网、健康、家居、智能硬件、可穿戴设备在内的等智能化消费需求更加活跃，驱动物联网和其它前沿技术不断融合，人工智能、虚拟现实、自动驾驶、智能机器人等技术不断取得新突破。智慧城市建设成为全球热点，而物联网科技创新是实现包括智慧城市等在内智慧服务空间的关键基础

设施和重要支撑。

### 3.6 物联网的公共平台建设问题

以智能化服务作为发展目标的物联网科技产业需要加快建设智能化的“服务运行平台”和“技术支撑平台”，通过双轮驱动加快形成物联网智能系统云端大脑功能的服务与管理公共平台体系。从“供给侧”和“需求侧”两端发力，实施物联网平台培育工程和行业应用上平台工程，打造资源富集、良性互动的物联网平台生态。要积极培育物联网平台，将平台作为物联网建设的核心内容，通过示范引领、分类施策，依托现有资源集中支持平台发展、参与全球竞争。

围绕提升总体设计、数据采集、设备连接、互联互通、数据处理、人工智能等物联网平台基础能力，支持建设一批国家级、行业级、企业级的物联网公用与专用平台。需要组织实施行业应用平台工程，鼓励物联网平台在产业聚集区落地，加强资源整合和对接。鼓励地方政府通过补贴等方式支持行业物联网应用的数据和业务逻辑向云端平台侧迁移，打造平台能力建设与平台行业用户使用双向迭代、互促共进的技术、产业、人才支撑体系和商业模式。

## 4 探索物联网的“3S”体系架构及其科技产业模式研究

物联网正在驱动信息领域发生一场从“以网络为中心的服务”到“以服务为中心的网络”的产业与技术革命；信息科技创新的重点将从满足信息化需求的“信息传输技术”转向满足智慧化需求的“信息服务技术”。

面对这场信息技术革命，物联网的未来发展需要建立一种全新的科技产业体系架构和发展模式，而以信息传输作为目标功能的传统信息系统体系架构及其科技产业发展模式已经难以适应物联网科技产业革命性发展要求，因此，本文研究提出一种面向物联网智能化信息服务需求的新一代信息系统体系架构及其发展模式（如图 1 所示），将物联网的科技产业自上而下的划分为智慧服务空间（smart service space, 3S 空间）、智慧服务平台（smart service store, 3S 商店）和智慧服务系统（smart service system, 3S 系统）等 3 层体系架构进行分类描述和理解，简称为“3S”模式。

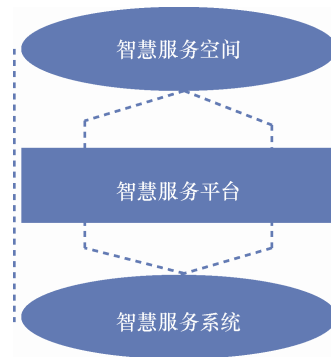


图 1 物联网科技产业的“3S”体系结构

### 4.1 智慧服务空间（3S 空间）

物联网时代的未来信息社会空间形态将从传统的“信息传输空间”发展为新型的“智慧服务空间”。

所谓“3S 空间”可以描述为利用新一代信息技术以满足社会发展和人类生活泛在化智慧化服务需求的一种未来社会空间，该空间的主要功能就是基于信息技术的智慧化信息服务；3S 空间的信息科技产业发展重点将从互联网向互联网的“末梢效应”及其“边缘价值”转变，其“末梢效应”是指互联网对其末梢所涉及的相关科技产业产生的影响和发挥的作用，而“边缘价值”则是指互联网在其边缘环境服务于相关科技产业产生的间接价值和服务增值。

3S 空间将实现“物理世界”和“虚拟世界”日益走向融合，使该空间区域的虚拟环境与物理环境间形成映射关系；当我们改变虚拟世界的映射状态时，物理世界的对象将相应地发生改变；当我们与物理世界的对象进行交互时，虚拟世界也会发生跟变，这种虚拟和物理世界相互协同的场景，使整个 3S 空间都可以处于面向服务需求的智慧化控制状态。

3S 空间的物联网科技产业本质上就是将新一代信息技术与传统产业进行融合创新、面向智慧经济实现转型升级的一种新型智慧服务产业，智慧服务产业的边界可以定义为传统产业基于新一代信息技术实现的增值服务部分，它可以包括智慧工业、智慧农业、智慧交通、智慧环保、智慧健康养老等各个产业领域。3S 空间的构建类型可以按照规模或区域分为智慧城市、智慧小镇、智慧社区、智慧海岛等。

### 4.2 智慧服务平台（3S 商店）

物联网 3S 空间的智能化服务管理需要一个全

新的“智慧服务平台”及其相关的智能化经营管理产业，其组织结构包括技术支撑平台和服务运行平台 2 个部分，如图 2 所示。

1) 技术支撑平台。该平台可以由智能物端域、网络资源域、知识数据域、信息业务域等 4 个基础技术域和一个智能化虚拟协同管控中心所构成。

①智能物端域。由包括人、机、物等各类实体或者虚拟对象在内面向服务需求所构成统一的信息物端虚拟化聚合和管理空间；该空间实现对网络联接的所有对象进行虚拟聚合和协同管理，具有在网络末梢进行感知、计算、存储、通信、交互、控制、对象标识管理以及多个物端间超级协同的智能化操作能力；并可针对各类异构服务环境进行网络边缘的情景感知、计算处理和协同操控，并为其他域提供远程物端对象管理和服务接口。

②网络资源域。面向需求的信息服务环境中基于信息网络的各类通信资源、频谱资源、通信标识、设备资源等信息物理资源虚拟化聚合和管理空间；该空间可实现面向服务场景的多信息网络资源间智能适变、动态重构、虚拟协同和优化管控，可以提供满足需求的网络服务能力。

③知识数据域。信息服务环境中所有信息数据经过认知学习、计算分析、知识化处理的有效知识数据资源的虚拟化聚合和管理空间；可实现对感知数据、控制数据及服务关联数据的汇聚、缓存、加工、处理和协同，根据各种服务需求提供有效的知

识数据和服务软件。

④信息业务域。物联网信息服务环境中所要求的所有信息业务功能虚拟化汇聚和管理空间；可实现对 3S 空间内各类用户业务的虚拟汇聚和协同管理，以及对包括业务流程、业务权限、业务范围、任务类型、时空边界、应用标识等管理类公共业务进行虚拟化化管理。

⑤智能化虚拟协同管控中心。对技术支撑平台的 4 个空间域之间，以及技术支撑平台与服务运行平台之间进行集中式和分布式相结合多域虚拟协同的智能化运行维护和决策管控中心，该中心是实现 3S 商店智慧服务有效运行的核心和中枢。

2) 服务运行平台。该平台可以由平台管控门户、用户服务门户等 2 个门户空间以及面向各种类型智能化产业领域的一个或若干个智慧服务域所构成。

①平台管控门户。平台管控者面向 3S 商店的门户式交互与操作空间。

②用户服务门户。服务需求者面向 3S 商店的门户式交互与操作空间。

③智慧服务域。面向智慧交通、智慧工业、智慧农业等各种类型智慧型经济产业需求由包括智能环境建设和智能服务提供等内容在内构成的智慧服务空间。

### 4.3 智慧服务系统（3S 系统）

推动物联网发展的核心应该是创新和催生一种不同于传统通信系统的新一代智能化信息系统，



图 2 物联网智慧服务平台（3S 商店）的组织结构

驱动面向物联网智慧服务需求的信息产业革命，可以将这种未来的信息系统描述为一种“智慧服务系统”<sup>[12]</sup>，这是实现 3S 商店的核心技术。3S 系统将信息资源与物理资源融为一体，具有自适应性、可扩展性、可伸缩性、可用性与可靠性等优势，能够满足社会发展的信息服务需求以实现通信、计算、控制系统间的无缝融合以及对信息资源、物理资源间的智能协同，且支持多尺度和大规模的网络互联与接入<sup>[13]</sup>，是基于人工智能面向服务需求的新型信息物理系统（如图 3 所示）。

3S 系统的主要特征从“信息传输”转变为“信息服务”，其组织结构可以分为服务环境层、协同交换层、边缘控制层、传输空间层和服务平台层等 5 个层次来描述。

1) 服务环境层

服务环境层的主要内容包括 3S 系统所在服务环境中的接入对象、环境数据和服务需求。系统所接入的实体或虚拟对象不仅是作为收发信设备的通信终端，而且包括人、机、物在内面向服务需求的各种多元化信息物端；环境数据主要包括物端状态数据、用户行为数据、网络资源数据和业务特征数据等；服务需求可以按照工业、农业、交通、医疗健康等服务特征进行分类。

2) 协同交换层

协同交换层包括 3 个主要功能，即服务环境与网络传输空间之间的信道交换以及信息物理资源

协同交换、服务环境中满足协同服务需求的所有物端之间的链路交换、实现整个环境中满足服务需求的环境数据间无缝隙适时交互。

协同交换层使服务环境中的信息网络功能不再仅仅作为信息传输的管道，而是面向各种生产服务需求实现行为协同的智能化信息组织系统，各种服务环境中的新型“智慧服务网络”其网络结构和形态可以按照服务需求及其特征进行软件定义和智能化虚拟重构，网络随着服务场景的不同或者变化可移动可适变。

3) 边缘控制层

3S 系统的边缘控制层实现对服务环境中满足各种服务需求的网络末梢分布式智能化协同控制功能，主要包括网络接入控制、物端接入控制、业务接入控制、知识数据库、计算处理、决策控制等功能模块；可实现物联网环境中各种异构的网络、数据和业务资源间的多域共享和智能协同。

4) 传输空间层

传输空间层主要利用所有信息网络空间资源提供满足 3S 系统在各种环境下服务需求的信息传输能力，包括对各类网络协同和资源融合能力。

5) 服务平台层

服务平台层是 3S 系统在网络侧进行集中式智能化运行维护和决策管控的中心平台，包括平台管控门户、用户服务门户、服务管理平台等。

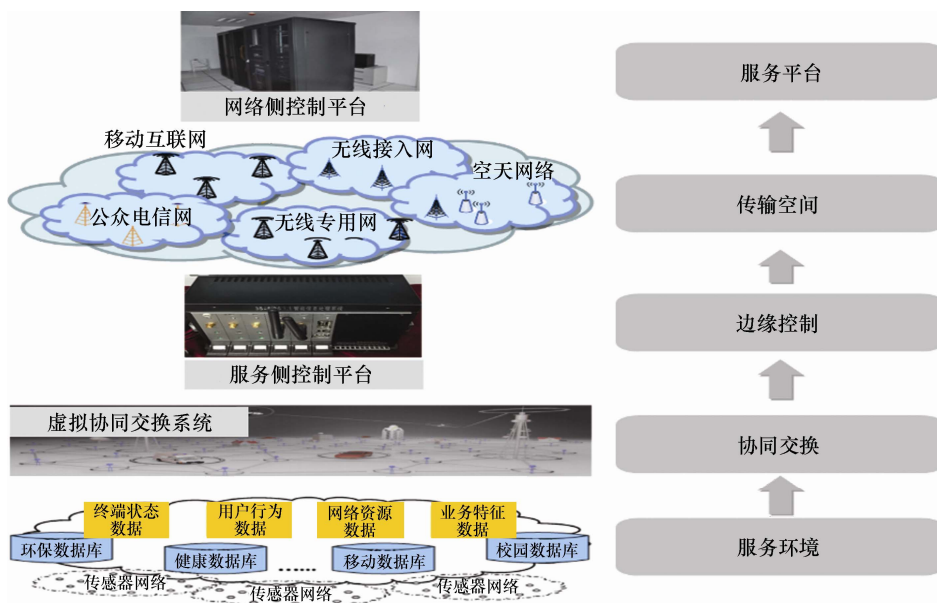


图 3 物联网智慧服务系统（3S 系统）的组织结构

## 5 物联网科技产业的“3S 模式”创新发展策略

根据图 1 所示的物联网 3S 体系架构, 可以将物联网科技产业进行分类描述并且探索其发展策略。

### 5.1 基于“3S”模式的智慧区域产业发展策略

“3S 空间”被定义为满足智慧化服务需求的一种未来社会空间, 其目标和功能就是实现社会空间的新型智慧化信息服务形态, 可以按照地域范围将其科技产业描述为智慧区域产业。

智慧区域就是实现所有服务与管理智慧化的特定空间区域, 它要求区域内所有领域和产业以及全部相关要素之间能够在 3S 体系架构下相互协同和智能化决策控制以满足信息化智能化的区域综合服务需求。

智慧区域产业可以根据区域服务特征将 3S 空间分成 5 类主要产业。

1) 基础设施产业。一个区域能够正常运行所赖以保障的基础设施建设需要实现智慧化, 其产业内容应该包括水、电、气、住房、交通、通信等, 以及建设规划、建筑管理、交通管理、信息基础设施等。

2) 资源环境产业。一个区域所拥有的综合资源开发和生存环境建设需要实现智慧化, 其产业内容应该包括矿产资源、水资源、文化资源、旅游资源、房地产资源等, 以及生态、环保等。

3) 社会民生产业。一个区域的居民日常生活所必须具备的社会服务需要实现智慧化, 是物联网与人民群众生活关系最紧密的领域, 其产业内容应该包括教育培训、文化艺术、商务供给、饮食起居、娱乐休闲、医疗卫生、健康养老等。

4) 经济发展产业。一个区域经济发展所赖以支撑的各行各业、产业机构、经济实体等发展建设实现智慧化, 其产业内容应该包括制造业、农林业、交通业、金融业、信息业等。

5) 区域管理产业。一个区域正常运行所必须具备的科学高效管理需要实现智慧化, 其产业内容应该包括政务管理、商务管理、司法管理、人力资源、城市战略、综合治理、区域安全、民政管理等。

智慧区域的发展形式包括智慧城市、智慧小镇、智慧社区等, 其中最典型的智慧城市建设就是运用信息和通信技术手段感测、分析、整合城

市运行核心系统的各项关键信息, 从而对包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出智能响应; 利用先进的信息技术, 实现城市智慧式管理和运行, 进而为城市中的人创造更美好的生活, 促进城市的和谐、可持续发展成长。

与传统数字城市相比, 智慧城市虽然仍然需要以各类信息基础设施的建设为基础, 但更为注重的是城市各类信息的共享、城市大数据的挖掘和利用以及城市安全的构建和保障; 智慧城市建设的关键在于打通传统数字城市的各类信息和数据孤岛, 实现城市各类数据的采集、共享和利用, 建立统一的城市大数据运营平台, 有效发挥大数据在“善政、惠民、兴业”等方面的作用; 同时, 随着城市信息化和智慧化程度越来越高, 城市信息安全问题亦越来越受到关注, 智慧城市建设亦更加重视城市信息安全体系的构建, 保障城市各类信息和大数据安全; 智慧城市发展建设的最终目标是面向“人”的智慧服务需求, 根本上是促进人在城市中更好地生活和发展。因此智慧城市也从过去以“信息传输”为中心, 回归到“信息服务”为中心这一根本目标, “以人为本”将成为智慧城市的重要特征。

### 5.2 基于“3S”模式的智慧服务产业发展策略

智慧服务就是 3S 空间内各行各业所提供的服务及其行业自身的建设都要实现智慧化, 每类服务都属于“3S 商店”(图 2) 服务运行平台中的一个智慧服务子空间; 这将要求所有智能型产业必须在 3S 体系架构下与新一代信息系统技术融为一体实现转型升级以满足智慧服务产业的发展需求, 积极探索基于“3S 商店”模式的智慧服务产业发展策略。

#### 1) 智能制造

智能制造就是将新一代信息系统技术与传统制造业进行融合与协同, 推进制造业服务的信息化与智慧化。面向供给侧结构性改革和制造业转型升级发展需求, 发展信息物理系统和工业互联网, 推动生产制造与经营管理向智能化、精细化、网络化转变。通过 RFID 等技术对相关生产资料进行电子化标识, 实现生产过程及供应链的智能化管理, 利用传感器等技术加强生产状态信息的实时采集和数据分析, 提升效率和质量, 促进安全生产和节能减排。通过在产品中预置传感、定位、标识等能力,

实现产品的远程维护, 促进制造业服务化转型。

### 2) 智慧农业

智慧农业就是将新一代信息系统技术与传统农业进行融合和协同, 推进农业服务的信息化和智慧化。面向农业生产智能化和农产品流通管理精细化需求, 广泛开展农业物联网应用示范; 实施基于物联网技术的设施农业和大田作物耕种精准化、园艺种植智能化、畜禽养殖高效化、农副产品质量安全追溯、粮食与经济作物储运监管、农资服务等应用示范工程, 促进形成现代农业经营方式和组织形态, 提升我国农业现代化水平。

### 3) 智能家居

智能家居就是将新一代信息系统技术与包括各种室内物品、设施管理、控制以及人的室内生活及其安全在内的传统家居安防产业进行融合与协同, 推进家居安防服务的信息化与智慧化。面向区域居民对家庭生活、楼宇管理、社区服务的安全性、舒适性、功能多样性等需求, 开展智能养老、远程医疗和健康管理、儿童看护、家庭安防、水、电、气智能计量、家庭空气净化、家电智能控制、家务机器人等应用, 提升人民生活质量。融合拓展生活服务信息、公共安全服务信息、社区管理服务信息以及新农村综合服务信息等, 开展家居环境感知与远程控制、建筑节能与智能控制、公共区域管理与社区服务、物业管理与便民服务等方面的综合应用; 通过示范对底层通信技术、设备互联及应用交互等方面进行规范, 促进不同厂家产品的互通性, 带动智能家居技术和产品整体突破。

### 4) 智能交通和车联网

智能交通和车联网就是将新一代信息系统技术与包括各种物体流通及其运输方式在内的传统交通物流产业进行融合与协同, 推进交通物流服务的信息化与智慧化。推动交通管理和服务智能化应用, 开展智能航运服务、城市智能交通、汽车电子标识、电动自行车智能管理、客运交通和智能公交系统等应用示范, 提升指挥调度、交通控制和信息服务能力。开展车联网新技术应用示范, 包括自动驾驶、安全节能、紧急救援、防碰撞、非法车辆查缉、打击涉车犯罪等应用。

### 5) 智慧医疗和健康养老

智慧医疗和健康养老就是将新一代信息系统技术与医疗业、健康养老业以及经过加工制造进入

人体的物品保健品业在内的传统产业进行融合与协同, 推进医疗健康照护服务的信息化与智慧化。推动物联网、大数据等技术与现代医疗管理服务结合, 以远程影像诊断、远程监护、远程手术指导、远程会诊为主要内容, 大力开展泛在化医疗健康服务, 推行药品流通和使用、病患看护、电子病历管理、远程诊断、预约诊疗、双向转诊、远程医学教育、远程手术指导、电子健康档案、慢病管理等业务协同新模式; 以满足养老服务需求、释放养老消费潜力、促进养老服务业发展为目标, 建设泛在化智慧养老服务平台, 建立社区居家养老服务、养老服务机构、老年人医疗护理机构、慈善养老机构等网络互联互通、信息共享协同的服务机制; 利用物联网技术, 实现对医疗废物追溯, 对问题药品及保健品的快速跟踪和定位, 降低监管成本; 建立临床数据应用中心, 开展基于物联网智能感知和大数据分析的精准医疗应用; 充分运用智能穿戴设备(智能手环、智能指环等)和 RFID(射频识别)等物联网技术采集居民健康信息, 建立健康大数据创新管理云服务平台, 加快建设智慧体育信息服务平台、智慧体育产业园、智慧健身场馆等公共设施, 推行全方位、全过程健康管理和老人看护等健康服务应用, 为城乡居民提供系统性、连续性健康保障与服务。

### 6) 智慧节能环保

智慧节能环保就是将新一代信息系统技术与包括先进环保、高效节能、资源循环利用在内的传统节能环保产业进行融合与协同, 推进节能环保服务的信息化与智慧化。推动物联网在污染源监控和生态环境监测领域的应用, 开展废物监管、综合性环保治理、水质监测、空气质量监测、污染源治污设施工况监控、进境废物原料监控、林业资源安全监控等应用; 推动物联网在电力、油气等能源生产、传输、存储、消费等环节的应用, 提升能源管理智能化和精细化水平; 建立城市级建筑能耗监测和服务平台, 对公共建筑和大型楼宇进行能耗监测, 实现建筑用能的智能控制和精细管理; 鼓励建立能源管理平台, 针对大型产业园区开展合同能源管理服务。

3S 空间的智慧区域产业与智慧服务产业可以相互交叉又相互支撑。基于 3S 模式构建物联网的统一服务空间, 使得物联网环境下包括各个智慧服

务子空间在内的所有智慧服务科技形成一种“链状结构”的协同工作体系，让社会生态多域资源和业务的“环”成为物联网智慧服务产业的“链”，并呈现出现实的物理空间和虚拟的信息空间协同工作的态势。

### 5.3 基于“3S”模式的智能化服务运营产业与组织管理创新策略

图2已经描述了物联网3S空间智能化服务管理的“智慧服务平台(3S商店)”模式，而对“3S商店”模式的物联网智能化服务进行运行与管理的组织架构如图4所示。

在3S空间内形成的物联网环境可以由产业应用环境、泛在网络环境、数据处理环境、用户服务环境4个部分构成：1) 产业应用环境主要描述各个智慧服务产业的空间状态；2) 泛在网络环境主要描述信息物理资源的空间状态；3) 数据处理环境主要描述服务大数据的空间状态；4) 用户服务环境主要描述服务需求的空空间状态。

智慧服务系统(3S系统)是3S体系架构中的核心部分，它负责完成3S空间内智慧服务的实施和控制。

物联网服务门户及认证、服务交易系统负责3S商店的平台管控门户、用户服务门户等2个门户空间运行操作与控制管理。

3S空间的组织管理系统是3S体系的中枢部分，

负责技术支撑平台和服务运行平台的运行管理。

3S商店模式是未来物联网科技产业公共服务平台发展建设的重要探索。打造物联网综合公共服务将促进物联网信息资源的协同整合、大规模接入、泛在感知、跨界应用和信息共享，能够兼容各类标准的物联网标识技术和建立一套行之有效的解析机制来实现被标识对象的互动集成。近年来，物联网科技产业的发展重点已经从早期聚焦于网络末梢的传感器、传感网及其联接方式，逐步向系统化产业化智能化应用方向转移，具有云计算、大数据、人工智能等能力的3S体系架构将成为推动物联网智慧服务产业发展的创新驱动动力，利用3S模式为传统产业提供智慧化增值服务的物联网科技产业将会开始进入了一个更高水平的发展阶段并且面临历史性转折。

基于3S模式的物联网科技产业将为信息产业服务市场提供难得的发展机遇和强大的技术支撑，推动信息产业去“创建新的市场”，去“引领新的需求”。物联网科技产业作为新兴智能化产业，需要尽快在市场上形成规模化的商业应用，研究探索在3S体系下的全新市场机制与商业模式。

#### 1) 政府公共事业应用型

政府公共事业主导型商业模式由政府等公共事业部门搭建公共平台，客户租用或者购买平台以及相关的软硬件产品，并支付相关通信费用。在这类模式

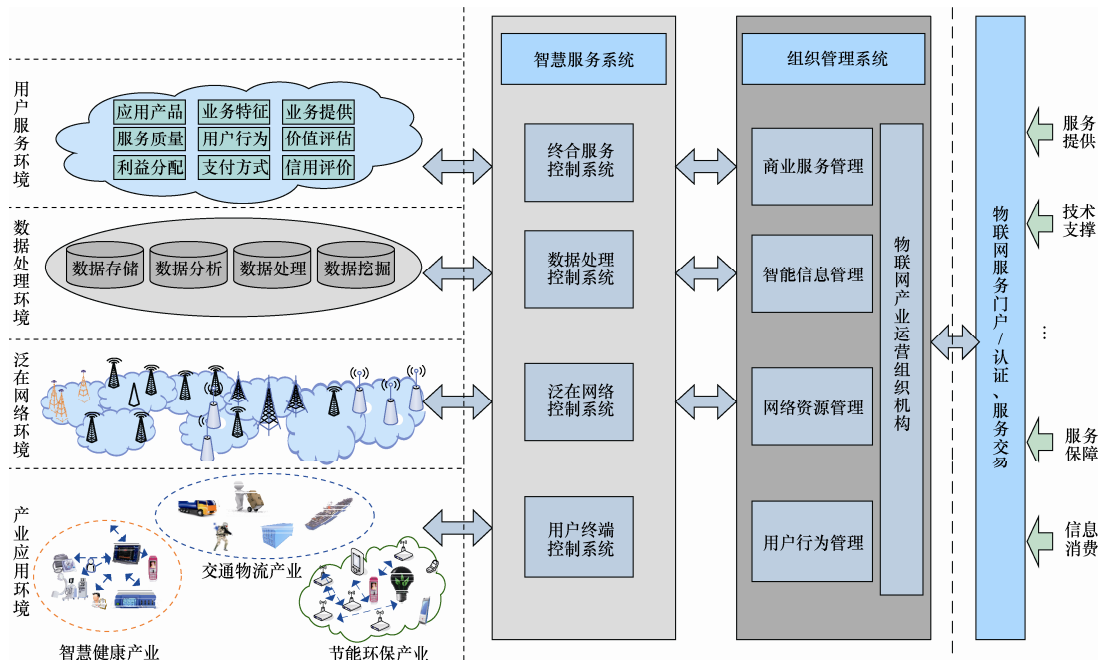


图4 基于“3S商店”模式的物联网智能化服务运营与组织管理组织架构

下, GPS 车辆定位、视频监控是使用得最多的应用, 其中也可能由通信运营商搭建相关公共平台。

该类商业模式是物联网民生化应用的最直接体现, 可以贯穿于物联网发展的各个阶段, 政府在其中起着关键性的作用, 其对于技术、市场的把握非常重要; 同时在发展初期, 必要的资金投入也是不可缺少的。在物联网发展初期, 此类商业模式可以作为面向市场的主要政策推广模式, 主要的公共事业平台以此类模式搭建, 可让用户在政府承担成本的情况下免费体验物联网的应用, 从而有利于培养用户的相关使用习惯, 为物联网行业其他类型的业务推广打下基础。

## 2) 运营商主导型

在运营商主导模式中, 电信运营商占据主导地位。在基础设施建设层级、业务拓展层级等方面, 运营商均能发挥主要作用。具体可进一步分为 3 种子模式。

### ①运营商通道服务型

指由电信运营商向使用 M2M 业务的企业用户直接提供通道服务。目前中国移动、中国电信在电力、交通等行业的业务开展基本以提供数据通道、包月或流量计费方式进行。主要适用于企业客户, 覆盖类型以采集类和定位类为主。在特定领域有较为成熟的业务模式, 如水电抄表、环保监控、楼宇监控、智能停车等。此模式能够将物联网业务与运营商已有业务、电信终端和信息化应用相融合, 降低用户使用成本, 从便利性角度出发解决民生需求。

### ②运营商合作开发推广型

指运营商与系统集成商合作, 系统集成商负责开发业务, 运营商负责业务平台建设、网络运行、业务推广及收费。一般来说, 这种模式中电信运营商仍占主导地位, 同时合作竞争现象比较普遍, 其他主体通过提升服务能力可替代部分运营商业务, 从而使系统整体效率可以达到最大值。这是目前国内电信运营商进入市场的主流模式, 如中国移动、中国电信都与行业的领先的系统集成商合作, 由运营商面向客户推广行业应用产品。

### ③运营商独立开发推广型

即运营商全自营模式, 指电信运营商自主搭建平台开发业务, 并直接提供给客户。对运营企业初期投入要求较高, 目前采用这种方式的企业较少, 国内目前没有突出案例。

## 3) 系统集成商主导型

系统集成商主导模式, 是指由系统集成商租用电信运营商网络, 通过整体方案和通道向用户提供业务。这是目前物联网比较常见的商业模式。由于物联网应用都是个体内部实现, 且企业专业化特征为明显, 需要由行业内专业的系统集成商提供服务, 特别是行业壁垒高、对应用要求复杂的行业更需要系统集成商的存在。技术水平是此类商业模式的核心。主要适用于企业客户, 覆盖类型以采集类为主, 具体如水电抄表、楼宇监控、智能物流、自动售货机等。

## 4) 软硬件集成商主导型

软硬件集成商主导模式, 即“iPhone”模式, 其核心是实力强大的软硬件集成商, 通过将自身硬件制造或软件开发领域的优势整合, 如创造应用软件开发平台、与运营商和软件开发商合作等举措, 形成一个综合个体主导生态系统, 产生“互利共生”的盈利模式, 从而带动整个物联网产业的发展。国内的典型企业有小米、华为。此模式的关键在于网络基础与软硬件的有机融合, 并提供丰富的内容表现, 可以覆盖几乎所有类型应用, 如各类消费级服务、智能家居、智慧园区、智慧医疗等。

## 5) 软件内容集成商主导型

软件内容集成商主导模式, 即“Android”模式, 其核心是集成商和运营商合作开发相应的软件和应用平台, 同时吸引大量应用开发者及广告商共同参与。此模式中软件内容集成商是主导, 硬件制造商是主要合作对象, 广告效应是主要收益来源。此模式的关键在于软件内容集成商的软件开发能力以及内容的产生、整合和搜索能力, 可以广泛覆盖各类应用, 可以覆盖几乎所有类型应用, 如各类消费级服务、智能家居、智能物流、智慧园区等。

## 6) 云计算平台型

云计算平台模式, 通常是由核心企业建立物联网设备统一接入平台, 实现对于物联网相关数据的整合存储, 并为平台搭建必要的应用计算软件, 为不同的用户开放相应的权限和应用接口。此模式中, 云计算平台的资源和服务具有无限扩展、自由流通、随时获取的特点, 用户能够便捷地按需访问网络、按量付费, 并进入可配路的计算资源共享池。云计算平台模式对平台运营方的行业技术、应用开

发和管理能力都有较高要求，其价值核心在于海量的数据累积和智能的服务输出。此模式适用于物联网各类应用。

#### 7) 云聚合型

云聚合模式以用户需求为核心驱动，各参与主体的限定界限被弱化，参与者可以进行自由的身份切换以便获得更好调动资源，产生价值的机会。其本质是整合现有平台的服务能力，汇集内外部资源，凭借看似松散实则紧密的生态关系绑定，形成各方主体共同创造价值的泛在网络化商业模式。当前，某些领域的物联网数据信息受限于环境因素，短期内仍将处于孤岛状态，如电力、公共交通、监控系统等，彼此之间缺乏共享制约了物联网潜在价值的发挥。而云聚合模式通过云内外信息交互，以及云之间融合关系，对信息流转实现弹性共享，打破不同网络之间的壁垒，能够有效促进物联网产业的飞跃式发展。云聚合模式依托强大的政策和技术力量，能够覆盖物联网相关的所有领域，并因此催生出各种有行业适应性的子模式，这也将是未来物联网商业模式的主流趋势。

综合比较分析上述几种模式特征和利弊，物联网产业经营管理的发展策略就是深入探索如何在 3S 商店模式下建立一种满足物联网智能化服务运营产业与组织管理创新需求的商务模式和市场机制。

### 5.4 基于“3S”模式的智能化信息科技创新发展策略

突破物联网科技产业发展瓶颈的关键在于迫切需要探索研究一种面向未来智慧信息服务的新一代智能化信息系统（见图 3）。本文提出的物联网 3S 体系核心部分就是一种智慧服务系统（3S 系统），其主要功能是实现面向智能化信息服务需求的操作与控制。3S 系统的组织结构如图 3 所示分为服务环境层、协同交换层、边缘控制层、传输空间层和服务平台层等 5 个层次。

需要在 3S 系统的一系列关键核心技术方面取得突破。研究低功耗处理器技术和面向物联网应用的集成电路设计工艺，开展面向重点领域的高性能、低成本、集成化、微型化、低功耗智能传感器技术和产品研发，提升智能传感器设计、制造、封装与集成、多传感器集成与数据融合及可靠性领域技术水平；研究面向服务的物联网网络体系架构、通信技术及组网等智能传输技术，加快发展 NB-IoT

等低功耗广域网技术和网络虚拟化技术；研究物联网感知数据与知识表达、智能决策、跨平台和能力开放处理、开放式公共数据服务等智能信息处理技术，支持物联网操作系统、数据共享服务平台的研发和产业化，进一步完善基础功能组件、应用开发环境和外围模块；发展支持多应用、安全可控的物联网标识管理体系；加强物联网与移动互联网、云计算、大数据等领域的集成创新，重点研发满足物联网服务需求的智能信息服务系统及其关键技术；强化各类知识产权的积累和布局；持续跟踪研究物联网体系架构演进趋势，积极推进现有不同物联网网络架构之间的互联互通和标准化，重点支持可信体系架构、体系架构在网络通信、数据共享等方面的互操作技术研究，加强资源抽象、资源访问、语义技术以及物联网关键实体、接口协议、通用能力的组件技术研究。

以“3S 系统”为模式的物联网科技创新发展策略需要重点在以下若干关键技术方面开展创新和探索<sup>[8,9,14]</sup>。

#### 5.4.1 服务环境层

3S 系统在服务环境层的主要功能主要是提供网络末梢服务环境的智能感知能力、服务物端的智能接入能力和面向需求的服务行为能力。

##### 1) 服务环境的智能感知能力

①智能化感知理论、技术和标准。

②微型化传感器技术、智能芯片器件、感知终端智能处理技术。

③多维空间协同感知技术与智能信息处理。

④新型传感网络的软件定义及其动态重构技术。

⑤服务环境中多源数据的融合、协同与知识化。

##### 2) 服务物端的智能接入能力

①大规模服务终端接入机制与技术方法。

②物联网的标识技术与体系架构。

③物联网频谱资源的分配策略与接入使用方法。

④建立物联网海量感知信息的低功耗可信泛在处理机制，开发极低功耗接入模块和自适应接入设备，实现多种泛在可信接入互联方式。

##### 3) 面向需求的服务行为能力

①信息终端智能化技术，包括知识学习、分析处理和决策控制的能力。

②多个物端间协同操作能力与技术。

③智能服务物端的嵌入式硬件和软件。

### 5.4.2 协同交换层

3S 系统在协同交换层(如图 3 所示)主要包括 3 个功能,即网络资源协同交换、信息物端间链路交换、环境服务数据间协同交互。

#### 1) 网络资源协同交换

通过引入软件定义、网络功能虚拟化、云计算等技术,研究物联网环境中通信、计算和存储等多维度资源的认知和协同,面向服务需求实现多域网络资源的最优化利用和管理;基于通信计算融合,可以建立网络基础设施资源池、计算资源池、终端资源池、频谱资源池、业务资源池等,并进而通过信息传递和信息处理的深度耦合,同时运用通信、计算和存储资源进行异构网络通信计算资源优化,并根据物联网环境中各种服务需求,进行多目标网络资源优化,协同调度和充分优化使用信息物理资源,实现无处不在、需求适配的智能适变网络结构。

#### 2) 信息物端链路交换

为满足服务环境中复杂的用户服务需求,网络末梢的服务网络必须能够在大规模多域物端间进行适时动态的智能化链路协同交换,使服务网络能够动态重构、虚拟适变和软件定义组网以满足个性化服务需求;需要研究服务环境中认知技术,研究智能服务网络(SSN, smart service network)虚拟化资源统一表征与度量模型,实现物理资源和虚拟资源的科学有效的统一表征。

#### 3) 环境数据协同交互

面向物联网服务环境中的大规模多域多源环境数据间面向服务的适时交互需求,研究 3S 系统的协同交换技术,突破服务环境中的多域数据协同交换理论与方法,建立无线数据协同交换协议体系。

### 5.4.3 边缘控制层

3S 系统在边缘控制层实现对服务环境中满足各种服务需求的网络末梢分布式智能化协同控制功能,主要包括网络接入控制、物端接入控制、业务接入控制、知识数据库、边缘计算处理、服务决策控制等功能模块;可实现物联网环境中各种异构的网络、数据和业务资源间的多域共享和智能协同。

物联网环境的网络边缘接入了大规模具有感知和执行功能的海量服务终端设备,需要研究大规模信息物端的多域异构协同问题,建立以数据

传输为中心或以用户体验中心的多终端协同机制,研究新的支持大规模网络终端的同步机制和协议。通过末梢侧的短距离自组织网络实现终端资源的共享和能力的提升,从而降低需要传输到信息处理中心的信息,降低对网络传输能力的需求,功能前移完成复杂的网络边缘面向服务的智能决策控制任务。

### 5.4.4 传输空间层

传输空间层主要利用所有信息网络空间资源提供满足 3S 系统在各种环境下服务需求的信息传输能力,包括对各类网络协同和资源融合能力。

#### 1) 高速率低时延网络

3S 系统中终端设备或服务控制的实时性要求很高,控制信息需要通过网络在设备与决策中心之间传输,因此需要网络传输速率高、传输时延满足实时控制要求;但是目前的互联网是“尽力而为”的,速率和时延满足不了智能化服务要求,而且蜂窝移动等无线网络目前的时延大小达不到实时控制要求;因此,需要研究面向需求的新型无线移动通信技术,包括新型架构和机制、新型空口技术(比如多址、双工、调制、编码、大规模天线、小区体系等)、新型短距离无线网络等,以满足信息服务系统实时性和高速率要求。

#### 2) 高可靠性网络

需要研究高可靠网络传输技术。物联网环境可能具有强电磁干扰、多种异构介质、多障碍物、高温、高湿、强震动等特点,其恶劣环境和严重的噪声干扰会大大降低信息服务网络的可靠性。需要基于无线技术,移动互联网等手段,研究适用于信息服务网络的新型干扰抑制技术和差错控制技术来降低传输错误,研究新的异构网络容错机制提高 3S 系统的容错能力,保证系统的可靠运作。

3S 系统应用于各种生产服务领域时,恶劣的服务环境产生的干扰会大大降低网络传输的可靠性,这就需要有合适的干扰管理措施来提升 3S 系统的可靠性。以网络分层的角度,在物理层需要研究可靠的编码方案,在 MAC 层需要研究可靠的媒体接入策略,在网络层需要研究可靠的路由策略,在传输层需要研究可靠的传输策略,在应用层需要研究可靠的应用策略管理,还可通过跨层优化和大数据的方法联合优化各层的可靠性策略。

### 3) 大规模网络传输理论与技术

通过在 3S 空间上尽可能多地高效复用现有的无线资源,即在现有网络基础上大幅度增加网络节点密度可以改善 3S 系统的覆盖性能并降低能耗,这对 3S 系统的网络设计提出了新的挑战<sup>[18]</sup>:①随着大规模信息节点的部署,将产生较为严重的节点间干扰;②由于接入节点数量巨大,难以进行最优节点位置的设计,需要新的组网理论;③高功率节点的较高部署成本和运营成本也将严重限制其应用,从而限制实际部署的节点数目。为了克服上述挑战,需要研究大规模网络传输理论与技术,主要包括:海量节点的无线组网与部署理论、低功耗网络节点的设计与实现、大规模无线网络的低时延和高可靠性传输技术。

#### 5.4.5 服务平台层

3S 系统在服务平台层的主要功能是通过网络侧云平台提供物联网服务环境集中式智能化运行维护和决策管控能力,包括对平台管控门户、用户服务门户、服务管理平台等的维护管理等。

通过对物联网智慧服务平台的体系架构研究,突破面向开放服务的物联网智慧服务系统模型、多域资源描述模型、物联网服务环境描述以及协同交换模型等基础理论,形成智慧服务知识模型与知识库系统,支持对 3S 空间及其应用场景的多维认知,为智慧服务空间的智能决策提供技术支持。

面向 3S 空间大规模多源多域信息物端数据交互和服务协同需求,研究基于服务平台的 3S 系统协同服务理论,研制支持多域服务协同的自主可控多域资源共享与智慧服务系统,对服务环境中的数据资源和服务资源进行建模和治理,从而提供安全、融合的服务协同体系,提升 3S 系统的协同服务能力。

## 6 结束语

物联网给人类社会带来的是一场从“信息化”向“智能化”、从“信息传输”向“信息服务”、从“以网络为中心的服务”向“以服务为中心的网络”进行战略转变的信息科技产业革命,物联网科技产业的未来发展需要期待的是一种颠覆性的新一代智能化信息服务系统和相应的智能化信息服务体系架构,而不是简单理解为在传统信息技术基础上的产业示范应用、技术优化或改良。本文

基于物联网科技产业战略发展目标的考虑研究提出的物联网“3S”体系架构以及物联网科技产业“3S”发展模式,是研究未来物联网科技产业发展策略的一种学术观点和战略方案,也是对物联网的系统性理论探索和创新思考。物联网已经成为全球信息科技未来发展的重要趋势,各个国家都在加快速度抢占制高点,我国目前正处在如何能够沿着一个正确方向去引领全球物联网未来发展的关键时期。

### 参考文献:

- [1] ITU. The Internet of Things[R]. 2005.
- [2] ATZORI L, IERA A, GIACOMO M. The Internet of Things: a survey[J]. Computer Networks, 2010, 54:2787-2805.
- [3] 朱晓荣, 孙君, 齐丽娜, 等. 物联网[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010.  
ZHU X R, SUN J, QI L N, et al. The Internet of Things[M]. Beijing: Posts and Telecommunications Press, 2010.
- [4] BASSI A, HOM G. Internet of Things in 2020: roadmap for the Future[R]. EpoSS, 2008.
- [5] 朱洪波, 杨龙祥, 于全. 物联网的技术思想与应用策略研究[J]. 通信学报, 2010, 31(11): 2-9.  
ZHU H B, YANG L X, YU Q. Research on the technical ideas and application strategies of the Internet of Things[J]. Journal on Communications, 2010, 31(11): 2-9.
- [6] GIUSTO D, IERA A, MORABITO G, et al. The Internet of Things[M]. New York, NY, USA: Springer, 2010.
- [7] 工信部. 物联网发展规划(2016-2020年)[R]. 2016.  
Ministry of Industry and Information Technology of the People's Republic of China. Development planning of the Internet of Things (2016-2020)[R]. 2016.
- [8] 朱洪波, 杨龙祥, 金石, 等. 物联网的协同创新体系与智慧服务产业研究[J]. 南京邮电大学学报: 自然科学版, 2014, 34(1): 1-9.  
ZHU H B, YANG L X, JIN S, et al. Research on the collaborative innovation system and the intelligent service industry of the Internet of Things[J]. Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2014, 34(1): 1-9.
- [9] 朱洪波, 杨龙祥. 物联网技术体系创新与智慧服务产业发展[J]. 信息通信技术, 2013, 5: 4-5.  
ZHU H B, YANG L X. Innovation of the technical system of Internet of Things and the development of intelligent service industry[J]. Information and Communication Technology, 2013, 5: 4-5.
- [10] NILSSEN A. Security and privacy standardization in Internet of Things[C]//eMatch'09-Future Internet Workshop. Oslo, Norway, 2009.

- [11] MEDAGLIA C M, SERBANATI A. An overview of privacy and security issues in the internet of things[C]// TIWDC, Sep. 2009,Pula, Italy. *Mind*,2010 , 13 (52) :592-592.
- [12] 朱洪波, 杨龙祥, 朱琦. 物联网产业化发展思路与泛在无线通信技术研究[J]. 中兴通讯技术, 2012, 18(2): 1-14.  
ZHU H B,YANG L X,ZHU Q. Research on the industrialization of the Internet of things and the research of ubiquitous wireless communication technology[J]. *ZTE Communication Technology*, 2012, 18(2): 1-14.
- [13] 童晓渝, 张云勇, 戴元顺. 公众计算通信网架构及关键技术[J]. 通信学报, 2010, 31(8): 134-140.  
TONG X Y, ZHANG Y Y, DAI Y S. The architecture and key technology of the public computing communication network[J]. *Journal on Communications*, 2010, 31(8): 134-140.
- [14] 朱洪波, 杨龙祥, 朱琦. 物联网技术进展与应用[J]. 南京邮电大学学报: 自然科学版, 2011, 31(1): 1-9.  
ZHU H B,YANG L X,ZHU Q. Progress and application of Internet of Things technology[J]. *Journal of Nanjing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition*, 2011, 31(1): 1-9.
- [15] GHOSH A, MANGALVEDHE N, RATASUK R, et al. Heterogeneous cellular networks: from theory to practice[J]. *Communications Magazine IEEE*, 2012, 50(6): 54-64.

#### 作者简介:



朱洪波(1956-), 男, 《物联网学报》执行主编; 南京邮电大学教授、博士生导师, 物联网研究院院长; 中国电子学会常务理事、会士、通信分会主任、教育工作委员会副主任, 中国通信学会会士、物联网委员会主任、学术工作委员会副主任, 教育部科技委信息学部委员, 国家重点研发计划“物联网与智慧城市”专项总体组专家, 教育部“泛在网络健康服务系统”工程研究中心主任, 江苏省“无线通信”重点实验室主任, 江苏省物联网技术与应用协同创新中心主任; 主要研究方向为泛在无线通信与物联网、宽带移动通信、下一代网络、无线通信与电磁兼容。



尹浩(1959-), 男, 《物联网学报》主编; 中国科学院院士、军事科学院研究员、博士生导师, 通信网络领域专家; 中国电子学会常务理事、会士、通信分会名誉主任, 中国通信学会常务理事, 中国通信学会国防通信技术委员会副主任委员, 国家科技重大专项“新一代宽带无线移动通信网”总体组专家, 工业和信息化部通信科学技术委员会常委等; 主要从事通信网络技术研究, 在复杂环境通信网络理论方法研究、体系结构设计和技术应用等方面取得了多项创新性成果, 主持完成 20 多项国家和国防重大科研项目, 获国家科技进步奖、省部级科技进步奖多项。