

自动化通信系统在物联网中的应用前景与技术挑战

于 振

中油国际管道有限公司 北京市昌平区 102200

摘要：本文系统探究了自动化通信系统在物联网生态体系中的核心价值内涵与长远发展前景。研究工作对该系统所涵盖的关键技术构成进行了全面且深入的解析梳理，重点考察其在智能家居场景优化、工业自动化生产升级、智能交通协同管控及生态环境精准监测等重要领域的创新性应用实践与成效，同时深度剖析当前阶段该系统发展过程中面临的数据安全防护、实时响应性能、多系统兼容性及能源利用效率等多维度技术难题。在此基础上，本文提出通过深度融合5G/6G通信、边缘计算等前沿技术手段，构建起更具智能感知能力与稳定可靠性能的下一代自动化通信架构体系，为有效推动物联网从“万物互联”向“万物智联”高质量演进提供坚实的理论支撑与切实可行的实践路径。

关键词：自动化通信系统；物联网；互操作性

引言

物联网借助信息传感设备实现万物互联，其快速发展正推动社会迈入智能化时代。在此过程中，自动化通信系统作为海量设备间高效稳定通信的神经中枢，重要性愈发突出。它既是数据实时传输与智能控制的基础，也是智能家居、工业自动化等核心场景落地的关键支撑。但随着物联网规模指数级增长，该系统在数据安全、实时响应及兼容性等方面面临严峻挑战。因此，深入研究其应用前景与技术瓶颈，对推动物联网技术深化创新和产业升级意义重大。本文将探讨自动化通信系统在物联网中的应用、挑战及未来趋势。

一、自动化通信系统概述

1.1 自动化通信系统的定义^[1]

自动化通信系统是指一类有机整合硬件设备、软件程序及网络通信协议，能够依据预先设定的运行规则或嵌入的智能算法模型，在不需要人工直接参与和干预的条件下，独立自主完成数据采集、信号传输、信息交换以及数据分析处理等一系列核心任务的综合型技术系统。其核心要义集中体现在“自动化”这一关键特质上，具体而言，就是系统具备智能感知外部环境变化与各类终端设备运行状态的能力，进而实现物联网场景下“物-物”之间、“人-物”之间安全可靠、高效稳定的信息交互行为及协同控制操作。作为支撑物联网高效运转的神经网络，该系统不仅是顺畅衔接物理实体世界与虚拟信息空间的重要纽带，更是有效支撑智能家居、工业自动化等各类上层应用场景成功落地与规模化推广的关键使

能平台。

1.2 自动化通信系统的组成

自动化通信系统通常采用分层架构，其核心组成可归纳为感知控制层、网络传输层和应用平台层。该系统通过各层软硬件部件的协同工作，构成了一个从数据采集到智能决策的完整闭环，是实现物联网应用自动化的物理基础。

自动化通信系统核心组成

层级	核心功能	典型设备/技术
感知控制层	负责从物理世界采集原始数据，并执行控制指令。	传感器、RFID标签、执行器、摄像头。
网络传输层	负责数据的可靠传输与路由，连接感知层与应用层。	网关、路由器、5G/Wi-Fi通信模块、核心网。
应用平台层	负责数据的处理、存储、分析与可视化，提供具体业务服务。	云平台/边缘计算服务器、数据分析软件、用户交互界面。

1.3 自动化通信系统的关键技术

自动化通信系统的落地实现依托于一系列关键支撑技术。在通信维度，低功耗广域网（LPWAN）技术（如NB-IoT、LoRa）满足了海量物联网设备广域覆盖与低功耗运行的需求；5G及其演进技术则为系统提供了高可靠性、低时延的通信支撑。在数据处理维度，边缘计算技术将计算能力下沉至网络边缘节点，有效减轻了云端负载并降低了系统时延。此外，轻量级通信协议（如MQTT、CoAP）保障了资源受限设备间的高效互联，而统一设备管理平台与强效安全加密机制，则共同构筑起系统稳定可靠运行的核心基石。

二、物联网中的自动化通信系统应用

2.1 智能家居领域的应用

在智能家居领域，自动化通信系统是实现环境感知与设备智能联动的核心支撑。系统借助分布广泛的传感器，实时采集光照强度、环境温度、人体移动等数据信息，再通过家庭内部无线通信网络（如Wi-Fi、ZigBee），将各类数据汇聚至中央网关或家庭云平台。平台基于预设场景模型及用户使用习惯开展智能决策，进而驱动照明设备、空调系统、安防装置等终端执行器自动运行，最终实现家居环境的自适应调节、安防系统的主动预警以及各类家电的协同工作，大幅提升居住的舒适性、安全性与能源利用效率。

2.2 工业自动化领域的应用^[2]

在工业自动化领域，自动化通信系统通过融合5G、时间敏感网络（TSN）及边缘计算等关键技术，搭建起低时延、高可靠的工业网络，大幅提升了柔性制造与协同控制的效能。系统以开放自动化平台（如施耐德电气EcoStruxure）为依托，实现控制逻辑与硬件的解耦分离，支持PLC等控制设备在工业PC、边缘网关之间灵活部署与迁移调度；同时，借助5G-TSN融合网络保障运动控制指令的确定性传输，结合边缘侧的数据处理与AI推理能力，达成设备预测性维护、产线实时优化及跨系统协同运作，最终推动工业系统向网络化、智能化与协同化方向演进升级。

2.3 智能交通系统中的应用

在智能交通系统中，自动化通信系统借助车联网（V2X）、路侧单元与云端平台的协同联动，构建起全方位的交通信息感知与协同控制网络。系统以5G和C-V2X技术为支撑，实现车辆与道路基础设施、行人及网络之间的毫秒级数据交互，为实时路况研判、信号灯智能配时及突发事件预警提供保障。通过边缘计算节点对多源交通流数据开展实时融合分析，系统可动态优化路口通行效能，并为自动驾驶车辆赋予超视距感知能力，大幅提升道路通行效率与交通安全水准。

2.4 环境监测与灾害预警中的应用^[3]

在环境监测与灾害预警领域，自动化通信系统通过科学搭建“空天地”一体化立体感知网络架构，成功实现了对生态环境质量状况与各类灾害风险隐患的全天候不间断、精细化精准管控。该系统以广泛布设的地面传感器、空中无人机巡查设备及天基卫星遥感平台等多元感知节点为重要依托，实时采集并高效传输大气环境质量、水体污染状态、地质灾害隐患点位位移变化等多维度、多类型的数据信息。这些采集到的原始数据通过5G通

信、LPWAN低功耗广域网及卫星通信等多样化传输链路，快速汇聚至云边协同处理平台，借助先进的AI智能算法开展数据深度分析与异常信号精准识别工作，最终高效达成污染源位置精准定位、灾害事件分钟级快速预警及应急指挥调度协同联动，显著提升了环境治理与防灾减灾工作的响应处置效率及决策制定的科学合理性。

三、技术挑战

3.1 数据安全与隐私保护

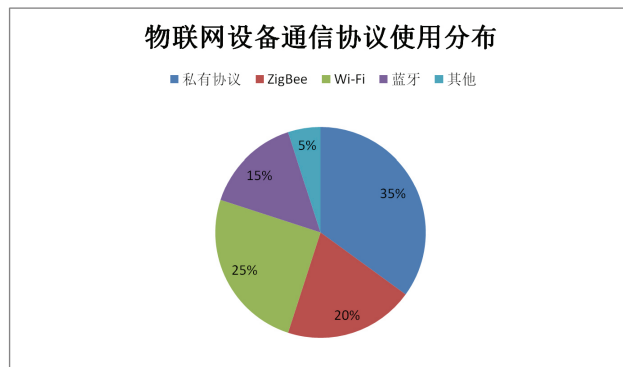
在物联网环境下，数据安全与隐私保护正遭遇严峻挑战。海量终端设备已成为潜在攻击入口，传统安全机制难以适配其资源受限、分布广泛的特性。数据在传输环节中存在被窃取与篡改的风险，而云端存储的个人隐私及工业数据更面临未授权访问的威胁。这就要求系统必须搭建涵盖轻量级加密认证、动态访问控制、数据脱敏及安全传输的全链路防护体系，以此保障信息的机密性、完整性与可用性，确保自动化通信系统稳定可靠运行。

3.2 网络延迟与实时性问题

网络延迟与实时性难题是限制自动化通信系统性能的关键因素。在工业控制、自动驾驶等高度动态的应用场景中，毫秒级的延迟就可能造成控制失效或安全事故。当前面临的挑战主要来自网络拥塞、传输距离以及协议处理开销，在无线多跳网络中表现得尤为突出。这就要求系统必须融合时间敏感网络（TSN）、5G URLLC等低时延技术，并借助边缘计算将关键任务处理下沉至网络边缘，从而实现端到端的确定性时延保障，满足不同应用场景的实时性需求。

3.3 系统兼容性与互操作性

系统的兼容性与互操作性是阻碍物联网技术实现规模化推广与深度发展的核心瓶颈问题。在当前物联网产业发展进程中，普遍存在通信协议类型繁杂多样（如ZigBee、LoRa、NB-IoT等主流协议并行应用）、数据存储与传输格式缺乏统一规范标准、各类终端设备接口技术参数各不相同突出问题，这些因素相互交织，直接导



致不同生产厂商研发的物联网设备与各类应用系统之间，难以达成无缝隙的顺畅对接，也无法实现高效稳定的协同运作。

这种碎片化现状极大地增加了系统集成的复杂度与成本。解决这一挑战需要推动跨平台中间件开发、建立统一的设备建模框架，并促进产业共识标准的制定与普及。

3.4 能源效率与可持续性

随着物联网设备部署规模的指数级扩张，能源效率与可持续性已成为亟待破解的关键问题。海量终端设备，尤其是部署在偏远区域的传感器，其持续供电与电池更换维护成本居高不下，直接限制了系统长期运行的可行性。为此，亟需从器件、网络与架构多个层面协同优化：研发低功耗芯片与能量采集技术，采用基于休眠唤醒机制的通信策略，优化网络协议以降低传输能耗，并通过边缘计算科学分配计算负载。这些措施共同助力构建能量自给的物联网系统，在保障功能性能的同时大幅降低碳足迹，推动自动化通信系统向环境友好的可持续发展方向演进。

四、未来发展趋势与展望

4.1 5G和6G技术对自动化通信系统的影响^[4]

5G技术凭借高可靠性、低时延的核心特质，为工业自动化生产、智能交通协同管控等关键场景提供了坚实的关键通信支撑保障。而面向未来的6G技术，将有力推动自动化通信系统顺利完成从“万物互联”到“万物智联”的深层次范式转型。6G网络通过科学搭建通感算智深度融合、空天地一体全域覆盖的移动信息网络架构，可将峰值数据速率提升至太比特每秒量级，同时将端到端时延进一步压缩至亚毫秒水平。这种跨越式的性能提升，结合其内生AI能力与集成感知特性，将为全息通信、数字孪生、广域协同控制等新兴应用提供有力保障，并借助星地融合网络实现全球范围无缝覆盖，从根源上破解现有自动化通信系统在实时性、智能性与覆盖广度方面的核心难题。

4.2 边缘计算与自动化通信系统的融合

边缘计算与自动化通信系统的深度融合正成为破解物联网实时性挑战的关键路径。通过在网络边缘就近配置计算与存储资源，系统可将海量感知数据的处理与分析任务从云端下沉至更贴近数据源的边缘节点。这种架构不仅大幅降低了数据传输至云端的通信负载与网络延迟，让工业控制、自动驾驶等关键任务能够实现毫秒级响应；更借助边缘智能赋予终端设备本地决策能力，在保障数据隐私与安全的同时，搭建起一个更为高效、可靠且具备可扩展性的分布式自动化通信架构。

4.3 物联网设备智能化与自动化通信系统的协同

物联网设备的智能化演进正与自动化通信系统达成深度协同。随着终端设备从单纯的数据采集形态，向具备边缘计算与AI推理能力的“智能体”方向转变，通信模式也相应从集中式的云端控制，朝着分布式的自主协同方向演进。这种协同状态使设备能够依托本地智能开展实时决策与自适应通信，仅在必要场景下与云端或其他设备进行交互，进而大幅降低网络负载与响应延迟。二者相辅相成、相互赋能，共同搭建起一个具备自主决策、资源动态调度及群体智能涌现能力的新型物联网架构，为复杂场景下的实时响应与自主协同提供核心支撑。

4.4 未来研究方向

未来研究将着力攻克自动化通信系统在智能化、安全性与可持续性方面的核心瓶颈。重点方向涵盖：搭建具备自主决策与协同优化能力的智能通信架构，探索通感算一体化网络的新型系统范式，以及研发面向海量连接的无源物联网技术。与此同时，内生安全机制、跨境隐私保护、面向6G的太赫兹通信与语义通信等前沿领域也将成为研究热点。这些探索将共同驱动自动化通信系统向更具智能、更趋可靠、更为高效的方向演进，为构建下一代万物智联的数字化社会筑牢坚实基础。

结论

本章研究总结显示，自动化通信系统借助5G/6G、边缘计算等关键技术对物联网进行深度赋能，实现了跨领域的智能化升级；但就其发展现状而言，仍面临数据安全、实时性能、系统兼容性 & 能源效率等技术难题，需通过搭建内生安全体系、融合边缘智能、推进行业标准统一与能量采集等技术手段协同破解；关于未来研究的建议为，应聚焦通感算一体化网络、无源物联网、跨境隐私保护及语义通信等前沿方向，以此推动自动化通信系统向更具智能、更趋可靠、更可持续的下一代架构演进。

参考文献

- [1] 刘伟, 李建国. 面向物联网的智能通信系统架构与关键技术研究 [J]. 自动化学报, 2021, 47 (5): 1021-1032.
- [2] 从封闭到开放自动化: 通向全球未来工业的一场技术革命 [J]. 东方资讯, 2025.
- [3] 方敏, 董方宏, 乔琳. 中国铁塔深度赋能生态环境监测: 构建“天空地”立体化监管网络守护蓝天 [J]. 中国环境报, 2025.
- [4] Step Into an Exciting Future Powered by 6G and AI. (2025, November 11). 3BL Media.