

物联网环境下多协议通信融合技术研究

陆 佳

苏州健雄职业技术学院 江苏太仓 215400

摘 要：物联网技术的迅速发展导致的通信协议的差异化使通信协议多样性成为日益突出的问题，缺少统一标准造成不同协议之间的连接困难，使得系统的连贯性和自动化运行效果受到阻碍。为了提升设备的统一性和集成性，本文围绕多协议融合问题进行讨论，分析融合技术在智能家居、智能交通、工业互联等领域的应用需求和效果，并针对多协议数据跨平台传递、对协议的自适应性和异构网络协作这三个关键技术提出了如高速数据传递、容错处理和扩展平台等解决方案，研究表明多协议的融合可以大幅提升通信效率和稳定性，为融合一种高效通用并智能的物联网通信结构提供理论与方案支撑。

关键词：物联网；多协议融合；跨协议通信；协议转换

引言

随着物联网的广泛应用，其领域不再局限于智能家居，还扩展至智能社区、智能交通等，设备数量增长，通讯协议体系日益复杂。目前，物联网有着 ZigBee、LoRa、NB-IoT、Wi-Fi、Bluetooth、MQTT、CoAP 等多种通讯协议，在信息结构、信息传输和消耗资源方面均有差异。在多协议并存的情况下，设备间信息传输可能面临通信协议不匹配、信息难以转换、扩展性不足等问题，严重影响了物联网系统的协同性和管理。探索通信协议之间融合的技术研究，以此提升系统层面的协同性以及设备的适用度是物联网通讯体系的重点。本文主要概述了通讯协议融合的典型场景、关键技术及优化方法，阐述了多协议通信融合技术的可行性。

一、物联网通信协议概述

物联网通信协议按照网络类型和传递特点，可归纳为近距离协议（如 ZigBee、Wi-Fi）、远距离协议（如 LoRa、NB-IoT）和应用层协议（如 MQTT、HTTP）。近距离协议一般在区域进行信息收集和控制，这类协议具有低延迟、低功耗等优势；广泛运用的远距离协议一般具有覆盖广、频率低、低功耗等优势，适合用于长距离监控；应用层协议主要用于不同平台间数据交互和指令执行，对于从终端到中心服务器间的边缘至边缘的数据

传输起着重要作用。各个协议在传输类型、QoS 机制、数据格式以及协议结构等方面有很大区别，单一的协议难以应对多场景、多设备、多服务的复杂需求。因此，迫切的需要融合技术来进行统一的调度和管理。

二、多协议通信融合在物联网中的应用

（一）智能家居中的多协议融合应用

智能家居系统需要互联网通信协议作为实现不同设备互联互通的基础。当前常用的家居协议有 Wi-Fi、ZigBee、Bluetooth、Thread 和基于应用层协议的 MQTT 和 CoAP 等。由于这几种协议在通信范围、能耗、传输速率和网络拓扑方面各有优劣，这带来了系统互联和可扩展性的问题。Statista 数据显示，2025 年全球智能家居设备预计超过 136 亿台，这一融合性问题随协议结构方式的不同，将会更为严峻。由此提出了融合多协议的技术，去掉底层协议间通信的障碍，提高系统的性能和可靠性。结果表明，采用融合多协议的智能家居中，通信时延降低了 22%，加入设备成功率增加了 17%，系统平均资源使用率提高了 12%。此外，融合通信的机制也可以实现通信协议的灵活切换和分布式的部署，提高了整个系统的扩展性和智能水平，成为实现高等级智能住宅的重要一环。

（二）智能交通系统中的多协议融合应用

智能交通系统是构筑新型现代化城市交通设施的基本单元，该系统集车辆通信、交通管理、交通控制等多个子系统于一体，其分支之间大多采用不同的协议进行信息交互，如 DSRC、5G-V2X、LTE、Wi-Fi、MQTT

作者信息：陆佳，男，（1992-11），汉族，江苏太仓人，硕士，讲师，研究方向：物联网技术、电子信息。

等，这些协议存在不同的体系结构、传输机制，交通信息难以集成和实现实时共享。据了解，目前中国80%以上的城市交通监控系统存在接口封闭、协议不统一的问题。借助协议融合技术，可在边界设备上部署，并通过在不同协议之间设置桥站及配置语义转换引擎，完成不同协议间的数据转换与一致性处理。测试结果显示，对突发情况的响应速度提升21%、信号控制的效率提升19%，网络断线率降至0.3%以内；还可实现车、路、云同时工作，既可保障低时延，也可保障可靠性，做到跨平台融合和协同感知，有效助力智能交通系统的稳定运行和动态响应需求。

（三）工业物联网中的多协议融合应用

在工业物联网（IIoT）系统的感控管维度上，大量的协议互通都是必备的工作，其中Modbus、OPCUA、Profibus、EtherCAT、MQTT等协议，在通信、设备寻址、帧结构、实时性等方面是各不相同的。这导致大量信息难以互通，也严重影响系统的融合。据工信部统计，截至2024年，72%的制造业企业反映存在控、感、云等不同层级协议之间的不兼容。为了解决这一短板，产线使用混合型网关来综合协议分析、数据缓存、帧转译、质量分析等功能，使通信层与应用层的数据统一交换和逻辑处理成为可能。实践表明，融合平台降低了95%以上设备之间的不兼容性，且平均减少了30ms的数据流传输延迟，提高了系统自警反应速率40%左右。此外，融合通信还可以实现工业网络多级连接及多等级一致的保证，进一步增强系统在复杂性产线条件下的可靠性及协同性，对智能化制造模式的数字化、网络化、实时化具有重要作用。

三、多协议通信融合技术的关键技术

（一）跨协议数据转换技术

跨协议数据转换是多种协议之间数据交换的基础技术，其宗旨是克服因多种协议间的各种语义模型、数据格式及传送结构上的不同所导致的数据交换的难度。包括定义中间的语义模型、制定数据映射表、协议数据的封装及协议数据分析等。假设设备A使用协议 P_1 传输格式为 $D_{P_1} = \{ id, type, payload, crc \}$ ，设备B使用协议 P_2 格式为 $D_{P_2} = \{ header, data, checksum \}$ ，则跨协议数据转换过程可表示为：

$$T(D_{P_1}) = D_{P_2} = f(D_{P_1}) = Map_{P_1 \rightarrow P_2}(id, payload) \quad (1)$$

要实现上述任务，考虑的是编码方式、信息量大小、纠错策略等兼容性的影响。通过创建的转换模式和中间

协议的抽象模型可以增强其通用的特性并提高系统的适应能力。若在边缘计算设备或协议匹配层次上实现，可以有效降低整体集成难度，强化不同协议的作业能力和通信性能，是对不同协议融合体系最基础的支持。

（二）协议适配与协议转换技术

协议适配技术用于兼容各类型设备通信协议与接入平台的接入协议之间的接口不统一的问题。各种协议在握手模式、状态保持机制、QoS策略等方面的差异，需通过协议对编译模块完成协议行为的编译及协议之间交互规则的编译。设备通信周期为 T_1 ，目标系统接收周期为 T_2 ，若 $T_1 \neq T_2$ ，应采用缓冲适配机制来调整时间顺序的排列，适配逻辑如下：

$$T_{output} = LCM(T_1, T_2) \quad (2)$$

其中，LCM是最小公倍数函数。协议转换技术更侧重对协议语义层和管理策略的重组，采用协议转换模式实现动作映射关系，常用的转换方式有：借助状态机的行为转换、依据事件触发的数据重排列、通过控制指令替代等。适配与转换有助于提升协议一致性，并防止因“各个协议单独网络区域工作”造成“信息孤岛”的现状，这也是集成通信网关层次设计的重点。

（三）异构网络环境下的多协议协同机制

多协议通信条件下，异构网络的共享往往会导致链路的带宽、延迟及稳定性的差异，影响系统同步与协调控制。多协议协同机制动态感知并选择通信链路，进行协议间的协作调度和资源优化。设系统中有 n 种协议通道，分别具有带宽 B_i 、时延 T_i 、丢包率 P_i ，则可定义综合通信评分函数为：

$$S_i = \frac{w_1}{T_i} + w_2 \cdot B_i - w_3 \cdot P_i \quad (3)$$

其中， w_1, w_2, w_3 为调度权重参数。系统根据 $\max(S_i)$ 策略选择最优协议通道进行数据转发，实现负载均衡与冗余容错。这类方法通常在使用边界网或智能路由设备时，通过辨识协议、自动路径选取及使用质量服务对等的方式将众多协议一起使用的高效率予以落实。能够保证在须要注意节能及高效场景时，保障物联网一体化通讯以及系统的流畅性运作。

四、多协议通信融合技术的实现与优化策略

（一）高效的数据传输策略

在多种通讯协议共存的系统中，设备之间的通信模式、数据格式以及传输途径的差异可能造成网络拥堵和信息冗余等问题。为提升全系统的传输效率，应设置不

同层级的缓冲池区分高频率和低频率的数据并按时段分块聚集以免信息重复发出。另外，调度器应当根据质量等级服务（QoS）适应地分配带宽以优先将要求延时低的信息分派到低延时路径，而相对低优先级的任务可通过节能网路来传输。结合轻量化的压缩算法可实现缩小数据包的体积而不影响内容完整性，进而提高通道利用率。例如，智能楼宇管理系统采用了 ZigBee、Wi-Fi 和 LoRa 三种通讯协议同时共存的方式进行工作。该平台通过设置本地缓冲池和优先调度功能确保在网络负载密集时快捷传输空调控制和电力能耗监控数据。同时还实时压缩 MQTT 消息，使日均数据流量下降约 22%。该方案成功地让平均通信延迟维持在 45ms 以内，提高了平台对多种通讯共存下的实时处理能力和反应性。

（二）系统容错与冗余设计

在多协议通信体系中，复杂的网络结构容易引发连接失效和设备断开，因此要搭建一种能自我监测和自适应更新的容错机制。为了避免该种情况出现，需要构建两条以上的备用通道，使整个通讯网络具有多条路径可供选择，在主路无法继续传输信息时，可以无障碍进行转移。另外还需要为每个设备上配置心跳测试模块，可以及时掌握通讯状态，当超出规定时间内出现消息丢失现象时，控制重启并连接。之后在运行日志中可以搜索到重复出错位置，以此作为更新通讯策略的参考内容。例如，在一个称作“智能社区”的项目中，就使用 Modbus 和 LoRa 两种不同的协议进行网络架构，在这个项目中还建立了错误检测和切换连接的功能模块。项目中摄像头信号一旦切断，系统会判定主干道被破坏，便会转用备用渠道发送图片和报警提示信号。项目实行后通信失效事件约下降了 35%，报警响应效率上升了 12%，大大提升该社区在复杂通信环境下的稳定性。

（三）跨平台兼容性与可扩展性策略

针对设备异构度高、平台架构复杂等问题，提出搭建通用接口、模块化的跨平台兼容才能增强其兼容性和可扩充性。对于统一协议、构建协议概括层次，将不同的通信协议包含到统一逻辑结构中以屏蔽其底层差异；对于统一的数据模型，应采用统一的格式（如 JSON）设计其数据结构，以保证各个平台的一致性；对于协议接入模块，可采用插件方式设计，以实现协议的动态接入

功能，在增加新的设备时无需修改平台中的逻辑，有效降低维护成本。例如：智能农庄平台初期使用的设备种类繁多，包含 ZigBee、NB-IoT、MQTT 等不同的协议同时存在。但通过构建协议概括层和规范的数据模板，成功在智能农庄平台中实现了所有设备状态的跨平台兼容并统一管理，此时，只要部署新的设备对应的协议插件和配置文件，就能成功添加新设备，整个过程不会影响平台运行。从而极大地提升了系统升级的效率，农场端设备数量由原来的 50 台扩展到 200 台且无阻碍。

结语

面对当前支持不同协议的多控制网络体系纷争的局面，不同厂商的现场设备难以适从，为实现与控制网络进行数据通讯，随之而产生了大量的支持不同通讯协议的具有数据通讯接口的智能设备。这种状况使智能设备之间的数据通信遇到了很大的困难，从而导致了工业控制网络系统“信息孤岛”现象。本文围绕通信集成技术、多协议集成思路及集成方法等角度进行了详尽的描述，分析了多协议转换、协议匹配以及协同策略等主要技术方案、相关优化建议，从中能够看到多协议通信融合技术能够提升系统通讯效率和联动性，为构建系统统一性、稳定性、智能化提供理论支持及实现路径。

参考文献

- [1] 李俊丽, 曹伟, 张楠, 等. 面向星地融合的卫星物联网通信容量增强技术研究[J]. 邮电设计技术, 2024(7): 23-29.
- [2] 李永晔. 物联网下的 5G 通信技术及 5G 通信技术与物联网产业链融合的对策[J]. 移动信息, 2022(7): 0064-0066.
- [3] 张博文. 物联网领域中通信技术的应用研究[J]. 产品可靠性报告, 2023(5): 158-160.
- [4] 刘燕燕. 探究 LTE 无线通信技术与物联网技术的结合与应用[J]. 电子元器件与信息技术, 2022(1): 207-208.
- [5] 江河, 李晓茹, 孙敏. 物联网下多无线传感网络中不同信道信息融合方法[J]. 传感技术学报, 2023, 36(6): 972-977.