

物联网与互联网融合下的智能家居系统设计与实现

毛倩

中国电信股份有限公司武汉分公司 湖北 武汉 430000

【摘要】：物联网与互联网深度融合，为智能家居体系化、规模化发展提供关键技术支撑。针对现有智能家居设备协议异构、网络协同性弱、云端依赖度高、场景联动效率低、能源与安全保障不足等问题，本文构建一种基于物联网与互联网深度协同的智能家居系统，其采用感知、融合网络、边云协同、应用服务四层架构，依托多协议统一接入、边缘自治与云端智能优化技术，可实现环境自适应调节、全域安防监控、家电一体化管控与精细化能源管理。系统依托高性能融合网络与分布式算力优势，有效提升了家居设备互联互通水平、控制实时性与运行稳定性，可为全屋智能工程化部署与智慧家庭高质量建设提供技术参考与实践方案。

【关键词】：物联网；互联网融合；智能家居系统；边云协同；技术参考

DOI:10.12417/2705-0998.26.05.088

随着数字家庭与智慧生活建设深入推进，智能家居已进入全屋互联、场景自治、低碳高效、可信安全的高质量发展阶段，同时物联网技术赋予家居终端泛在感知、本地互联与分布式执行能力，互联网技术提供高速传输、广域互联、云端算力与开放服务能力，二者深度融合成为突破行业瓶颈、重构用户体验的核心路径。

当前智能家居行业仍面临诸多现实挑战：多品牌设备协议壁垒造成设备孤岛；物联网感知网络与互联网传输网络相互割裂，协同效率与可靠性不足；系统过度依赖云端，导致断网不可用、响应时延偏高、隐私风险突出；能源管理与安全防护缺乏体系化设计，难以满足家庭用户对安全、舒适、便捷、节能的核心需求等，以全光宽带、5G、物联网与云计算为代表的新型信息基础设施，为智能家居提供了高可靠、低时延、可运营的底层支撑。本文立足物联网与互联网深度融合理念，结合中国电信在融合网络与智能互联领域的技术实践，设计并实现一套高可靠、低时延、广兼容、可规模化推广的智能家居系统，推动智能家居从被动控制向主动服务、从规则联动向智能决策升级，为智慧家庭落地提供理论支撑与工程实现路径。

1 系统总体设计

1.1 需求分析

系统以家庭全场景、全周期使用需求为导向，围绕安全防护、环境舒适、操控便捷、节能高效、兼容扩展五大核心目标开展设计。安全层面实现全天候安防监测、风险预警、实时告警与应急联动处置；舒适层面实现温湿度、光照、空气质量多维度自动调节，支持个性化场景一键切换与自适应优化；便捷层面依托高稳定融合网络，实现多终端、多模态统一控制与远程可靠管理；节能层面实现能耗可监测、可分析、可优化，并结合峰谷电价实现智能调度；扩展层面支持多品牌、多协议设备统一接入，兼容远程运维、功能迭代与第三方生态对接，可满足不同家庭差异化使用与规模化部署需求。

1.2 系统架构设计

系统采用感知层—融合网络层—边云协同层—应用服务层四层融合架构，实现物联网与互联网全链路深度协同：感知层由环境传感器、安防探测器、智能开关、智能门锁及各类执行机构构成，完成物理世界数据精准采集与控制指令可靠执行；融合网络层整合短距低功耗接入与广域高速传输技术，实现物联网设备高效入网与互联网稳定回传，为全域互联提供保障；边云协同层以边缘网关为本地核心，完成协议转换、实时计算、数据缓存与自治控制，云端平台提供设备管理、时序数据存储、智能分析与开放接口，形成边缘负责实时控制、云端负责智能优化的高效分工模式；应用服务层通过移动APP、语音助手、Web管理平台等多端入口，实现设备统一管控、场景智能联动、告警精准推送与能耗可视化分析，全面提升系统智能化水平与用户体验。

2 关键技术与硬件实现

2.1 物联网与互联网融合通信技术

物联网与互联网融合是系统的核心技术支撑，其核心目标是打通物联网本地感知、低功耗互联能力与互联网高速传输、广域服务能力，构建内网自治、外网互通、边云一体、全域协同的融合通信体系。

系统采用异构网络统一调度机制，根据设备功耗、带宽、时延与传输距离需求，动态匹配最优通信方式，实现资源最优配置与性能最大化：ZigBee面向传感器、门窗磁、烟感等低功耗小数据设备，提供自组网、多节点并发、超长续航接入能力；Bluetooth 5.0面向智能门锁、近场交互设备，实现快速配网、手机直连与高安全性连接；Wi-Fi 6面向高清摄像头、智能电视等高带宽设备，提供高吞吐、低时延、多设备并发与全屋漫游能力；NB-IoT面向水、电、气表等广覆盖、低频次设备，实现长续航、低成本远程数据上报；5G与全光宽带构成双链路热备份通道，为网关与云端提供高可靠、永不断线的传输保障。

系统通过统一网关、统一协议封装与智能选路策略，实现物联网与互联网无缝衔接，从底层解决网络割裂、稳定性差、响应滞后、体验碎片化等问题，为全场景智能服务提供高性能网络底座。

表 1 系统通信协议性能对比

通信协议	核心技术特性	典型接入设备	技术优势
ZigBee	低功耗、自组网、多节点并发	传感器、门窗磁、烟感探测器	接入密度高、续航长、组网灵活
Bluetooth 5.0	近场直连、快速配网、高安全性	智能门锁、便携智能终端	手机直连、响应快、无需网关
Wi-Fi 6	高带宽、低时延、多设备并发	摄像头、智能电视、网关回传	大流量稳定、全屋漫游无死角
NB-IoT	广覆盖、低速率、超长续航	水/电/气表、远程安防设备	广域上报、设备续航可达数年
5G/全光宽带	双链路备份、高可靠、永在线	网关—云端上行通信	链路稳定、故障自动切换

2.2 硬件选型与部署实现

硬件系统遵循工业级可靠、低功耗、标准化、易部署、易维护原则完成选型与优化部署，全面适配物联网与互联网融合运行需求：感知层选用高精度、低漂移工业级传感器，确保温湿度、光照、空气质量、烟雾、燃气、水浸等数据采集稳定准确，为智能决策提供可信数据源；安防硬件采用多重认证智能门锁、AI 移动侦测摄像头与高灵敏度探测器，具备异常识别、快速联动、事件回溯能力，可主动防范各类安全风险；控制层采用标准化智能开关、智能插座、窗帘电机与红外转发器，支持本地执行与远程指令解析，兼容传统家电与智能设备统一管控；边缘网关采用高性能嵌入式平台，集成多协议转换、边缘计算、数据加密、断点续传与本地规则引擎，具备断网自治能力，可在无互联网环境下独立保障温控、照明、安防等核心业务不中断。部署时结合家庭空间结构、通风条件与干扰环境优化点位布设，传感器置于居中通风区域，安防设备布放入户、厨房等高风险区域，网络设备实现全屋覆盖与漫游优化，从物理层保障系统稳定、响应迅速、体验流畅。

3 软件系统与功能模块实现

3.1 基于融合网络的云边协同软件设计

软件系统采用云边协同云原生架构，依托物联网与互联网融合网络，实现边缘实时控制与云端智能服务高效协同。边缘端搭载实时操作系统与本地规则引擎，专注于数据预处理、指令执行、场景联动与异常快速响应，将时延敏感、隐私敏感业务本地化处理，显著提升系统实时性、可靠性与隐私保护能力；云端基于分布式架构构建，集成设备数字孪生、时序数据库、

消息中间件、AI 分析模型与开放接口，实现设备全生命周期管理、数据持久化存储、用户行为学习、能耗预测优化与远程服务推送。系统采用 MQTT（消息队列遥测传输）、CoAP（受限应用协议）轻量化通信协议，降低设备功耗与网络开销，提升弱网环境下传输稳定性。在融合网络支撑下，本地数据可按需上云、云端策略可实时下发、断网本地自治、联网自动同步，形成本地优先、云端增强、全域协同的稳定运行机制。安全层面构建端—边—云全链路防护体系，通过设备身份认证、传输加密、本地数据加密、权限隔离与异常行为监测，有效抵御非法接入、数据窃取、恶意控制等风险，保障家庭数据安全与用户隐私。

3.2 核心功能模块实现

在物联网与互联网融合技术支撑下，系统四大核心模块深度协同、数据互通，构成完整智慧家庭服务体系。环境智能调节模块基于多维度环境感知数据，通过边缘实时决策与云端迭代优化，自动调控空调、新风、灯光、窗帘等设备，维持室内舒适环境，支持睡眠、离家、会客、观影等场景一键联动，实现环境自感知、自决策、自调节。全域安防监控模块整合智能门禁、视频监控、烟雾/燃气/水浸告警与应急联动，实现本地快速处置、远程消息推送、云端录像回溯，构建全天候、全方位主动安全防护体系。家电一体化控制模块通过标准化指令与红外学习兼容传统家电，实现设备状态监测、远程控制、定时任务、用电统计与离家自动节能，降低能耗与安全隐患。精细化能源管理模块实时采集水、电、气能耗数据，生成多维度统计报表与设备能耗画像，结合峰谷电价自动调度大功率设备，实现能源高效利用、用电成本优化与绿色低碳目标。四大模块协同运行，全面满足家庭安全、舒适、便捷、节能的核心需求。

4 系统测试与性能优化

4.1 系统测试与性能验证

系统从功能完整性、传输性能、设备兼容性、运行可靠性、信息安全性、用户体验六个维度开展全场景、全流程测试验证，测试覆盖设备接入、数据采集、指令下发、场景联动、跨品牌对接、断网自治、多设备并发、安全攻防等关键环节。测试过程严格遵循智能家居系统工程验收规范，采用定量与定性相结合的方式，对控制时延、数据精度、并发接入能力、跨协议互通稳定性等关键指标进行标准化采集与分析，确保测试结果客观、可复现、可对比。测试结果表明，系统控制响应迅速、场景联动准确、网络传输稳定、设备兼容广泛、安全防护到位、用户体验流畅，各项性能指标均达到设计要求，具备家庭长期稳定运行与规模化商用落地能力。

表2 系统核心性能测试结果

测试项目	设计指标	实测结果
环境控制响应时间	≤5s	≤3s
安防告警响应时间	≤3s	≤2s
能耗统计误差	≤3%	≤2.2%
多设备并发丢包率	≤5%	≤3%
电池传感器续航	≥3个月	≥6个月

4.2 系统优化措施

系统通过多维度深度优化进一步提升性能与可靠性：采用传感器自适应休眠与动态采样策略，延长电池供电设备续航；通过信道自动分配、网络负载均衡与抗干扰优化，降低多设备并发丢包率；优化边缘网关本地规则引擎与调度逻辑，提升本地自治能力与控制实时性；强化身份鉴权、传输加密与权限管理，构建更完善的安全防护体系；依托智能运维能力实现设备状态监测、故障主动预警、远程在线升级与配置同步，提升系统可运营性与长期稳定性。在此基础上，进一步开展协议适配优化与算力调度优化，对跨品牌设备指令进行统一标准化封装，降低指令解析时延与兼容性故障；同时对边缘节点算力进行动态分配，优先保障安防、告警等高优先级业务的算力资源，使系统在高并发、多业务并发运行时仍保持低时延、高稳定运行状态，全面提升系统在复杂家庭环境下的鲁棒性与工程适用性。

5 结论

本文以物联网与互联网深度融合理念为核心，依托融合网络、边云协同、多协议统一接入等关键技术，设计并实现一套高可靠、低时延、广兼容、安全可信、低碳高效的智能家居系统。系统通过四层一体化架构与模块化功能设计，有效解决了传统智能家居设备孤岛、网络协同不足、云端依赖过高、实时性差、安全与节能能力薄弱等行业共性痛点，同时将边缘实时控制与云端智能服务有机结合，在设备互联互通、场景联动效率、运行稳定性与能源管理方面具备显著优势，为全屋智能工程化部署提供了成熟技术方案，此外，系统依托高性能宽带与5G网络支撑，充分体现了融合网络在智能家居场景中的工程价值。未来，随着人工智能、大数据、5G-A、数字孪生等技术持续融入，系统可进一步实现用户行为深度学习、场景主动预判、全生态无感联动与服务个性化推送，推动智慧家庭向更自主、更智能、更安全、更低碳方向持续发展。

参考文献：

- [1] 沈春林.基于物联网技术的智能家居系统设计与实现[J].中国设备工程,2025(5):115-117.
- [2] 王进华,李建波,黎旺星.一种支持边缘计算的物联网智能家居环境监测系统设计与实现[J].电视技术,2025,49(09):32-38.
- [3] 张紫燕,洪陈旭,彭元.基于物联网技术的智能家居系统设计与实现[J].物联网技术,2025,15(19):86-89.
- [4] 李薇.“互联网+”背景下智能化家居的设计与应用[J].明日风尚,2025(12):131-133.
- [5] 杜仕博,孙光磊,陈雪鹏.基于物联网的智能家居系统的设计与实现[J].自动化应用,2025,66(13):208-212.