

物联网低功耗广域网通信中断频发问题与智能组网修复策略

张宏萌

广西职业师范学院 广西南宁 530007

摘要: 物联网低功耗广域网 (LPWAN) 在各领域广泛应用, 但通信中断频发严重制约其效能发挥。本文深入剖析通信中断问题, 涵盖信号干扰、网络拥塞、设备故障及能源供应等多方面因素。信号干扰受复杂电磁环境与同频干扰影响, 网络拥塞源于节点数量剧增和数据流量波动, 设备故障包括硬件老化与软件漏洞, 能源供应不足因电池续航有限和能量采集不稳定。针对这些问题, 提出智能组网修复策略, 通过智能路由算法、动态频谱分配、自适应功率控制及分布式存储与计算, 提升网络稳定性与可靠性, 为物联网 LPWAN 通信的持续、高效运行提供有力支撑。

关键词: 物联网; 低功耗广域网; 通信中断; 智能组网修复

引言

在信息技术飞速发展的当下, 物联网已成为推动各行业变革与创新的关键力量。低功耗广域网凭借其独特优势, 如远距离传输、低功耗特性、低成本部署等, 在物联网体系中占据重要地位, 广泛应用于智慧城市、工业监测、农业物联网、智能家居等众多领域。然而, 在实际运行过程中, 物联网低功耗广域网通信中断频发的现象, 极大地影响了其应用的稳定性与可靠性。通信中断不仅导致数据传输受阻, 使各类基于物联网的智能系统无法正常工作, 还可能引发一系列连锁反应, 造成经济损失与社会影响。因此, 深入探究通信中断的根源, 并提出切实可行的智能组网修复策略, 对促进物联网低功耗广域网的健康发展、充分发挥其应用价值具有至关重要的现实意义。

一、物联网低功耗广域网通信中断频发问题剖析

(一) 信号干扰导致通信中断

在复杂的物联网低功耗广域网环境中, 信号干扰是引发通信中断的常见因素。一方面, 电磁环境愈发复杂, 各类电子设备、通信基站等产生的电磁辐射充斥在周围空间。例如, 在城市区域, 大量的移动基站、WiFi 热点以及工业设备等共同作用, 形成复杂的电磁背景。低功耗广域网设备在这样的环境中进行通信时, 其信号极易受到其他电磁信号的干扰, 导致信号质量下降甚至中断。

另一方面, 同频干扰问题也较为突出。由于低功耗广域网使用的频段资源有限, 不同设备或网络可能会在相同频段上进行通信。当多个设备同时在相近频段传输信号时, 就会发生同频干扰, 使接收端难以准确解析信号, 进而造成通信中断。

(二) 网络拥塞引发通信中断

随着物联网应用的不断普及, 低功耗广域网中的节点数量呈爆发式增长。大量设备同时接入网络, 导致网络流量急剧增加。在一些热门应用场景中, 如智慧城市的大规模环境监测、工业物联网中的实时设备状态采集等, 众多节点会在短时间内产生大量的数据传输请求。当网络中的数据流量超过其承载能力时, 就会出现网络拥塞现象。此时, 数据包在网络中传输时会面临延迟、丢包等问题, 严重时甚至导致通信中断。此外, 数据流量的突发性和不均衡性也加剧了网络拥塞的风险。

(三) 设备故障造成通信中断

物联网低功耗广域网中的设备是通信的基础载体, 设备故障也是导致通信中断的重要原因之一。从硬件方面来看, 设备长期运行在各种复杂环境中, 受到温度、湿度、振动等因素的影响, 硬件容易出现老化、损坏等问题。例如, 传感器的探头可能因长期暴露在恶劣环境中而损坏, 导致无法准确采集数据并传输; 通信模块的电子元件也可能因老化而性能下降, 影响信号的收发。从软件层面而言, 设备的固件或操作系统可能存在漏洞。这些漏洞一旦被恶意软件利用, 或者在软件运行过程中出现错误, 就可能导致设备无法正常工作, 进而造成通信中断。比如, 部分设备的软件在处理大量数据时可能会出

作者简介: 张宏萌 (1978.07-) 男, 壮族, 广西, 本科, 讲师, 研究方向: 计算机技术及应用教学。

现内存溢出错误,使得设备死机,中断与网络的连接。

(四) 能源供应不足致使通信中断

低功耗广域网设备通常依靠电池供电或能量采集技术获取能源。然而,电池的续航能力有限,尤其是在一些对设备体积和成本有严格限制的应用场景中,所使用的电池容量相对较小。随着设备的长时间运行,电池电量逐渐耗尽,如果不能及时更换电池,设备就会因能源不足而停止工作,导致通信中断。即使采用能量采集技术,如太阳能、振动能等,也面临诸多挑战。环境因素的不确定性使得能量采集不稳定,例如在阴天或光照不足的情况下,太阳能板的发电量会大幅下降;在振动较弱的环境中,振动能采集设备无法获取足够的能量。当采集到的能量不足以维持设备正常运行时,通信也会随之中断。

二、智能组网修复策略的理论基础

(一) 智能路由算法原理

智能路由算法是智能组网修复策略的核心组成部分。传统路由算法往往基于固定的规则或简单的度量标准来选择数据传输路径,在面对复杂多变的物联网低功耗广域网环境时,显得灵活性不足。智能路由算法则借助先进的技术手段,如机器学习、深度学习等,能够实时感知网络状态信息,包括节点的负载情况、链路的质量、网络的拥塞程度等。通过对这些信息的深度分析和学习,算法可以动态地为数据包选择最优传输路径。

(二) 动态频谱分配机制

动态频谱分配机制是应对信号干扰和提高频谱利用率的关键策略。在传统的频谱分配方式中,频段通常被预先固定分配给不同的用户或系统,这种静态分配方式无法充分适应物联网低功耗广域网中频谱使用的动态变化需求。动态频谱分配机制则打破了这种限制,它利用实时频谱感知技术,能够实时监测频谱的使用情况,识别出当前未被充分利用的空闲频段。当某个物联网设备需要进行通信时,系统可以根据感知结果,动态地为其分配最合适的空闲频段资源。同时,随着网络中设备通信需求的变化以及频段使用情况的改变,系统能够及时调整频谱分配方案,确保各个设备在不产生严重干扰的前提下,高效地利用频谱资源进行通信,从而有效减少因信号干扰导致的通信中断,提高整个网络通信的稳定性和可靠性。

(三) 自适应功率控制技术

自适应功率控制技术是优化物联网低功耗广域网通

信性能的重要手段。传统的功率控制方式往往采用固定功率传输,这在复杂的通信环境中存在诸多弊端。当设备以固定大功率传输时,不仅会消耗大量能源,缩短设备的续航时间,还可能在信号较好的区域对其他设备产生不必要的干扰;而当设备以固定小功率传输时,在信号较弱的区域可能无法保证通信的可靠性。自适应功率控制技术则能够根据设备与接收端之间的距离、信号强度、信道质量等实时信息,动态地调整设备的发射功率。

(四) 分布式存储与计算架构

分布式存储与计算架构为物联网低功耗广域网提供了强大的支撑能力。在传统的集中式架构中,数据的存储和计算主要依赖于中心服务器,这种架构在面对大规模物联网设备产生的海量数据时,容易出现性能瓶颈和单点故障问题。一旦中心服务器出现故障,整个网络的数据处理和存储功能将受到严重影响,进而引发通信中断。分布式存储与计算架构则将存储和计算任务分散到网络中的多个节点上。数据可以存储在各个靠近数据源的节点中,减少了数据传输的开销和延迟。同时,计算任务也可以在本地节点或邻近节点上进行初步处理,只有必要的数据才会传输到中心服务器进行进一步分析和整合。这种架构方式不仅提高了系统的容错能力,即使部分节点出现故障,其他节点仍能继续工作,保障数据的存储和计算功能,还能有效缓解网络拥塞。

三、智能组网修复策略的具体实施路径

(一) 基于智能路由算法的路径优化

在物联网低功耗广域网中部署智能路由算法,首先需要构建一个能够实时采集网络状态信息的监测系统。该系统通过在各个节点上安装监测模块,持续收集节点的负载情况、电池电量、链路的信号强度、丢包率等关键数据。然后,将这些数据汇总到一个智能决策中心,该中心利用机器学习算法对数据进行深度分析和处理。例如,采用深度学习中的神经网络模型,对历史网络状态数据和对应的路由决策效果进行学习,建立起网络状态与最优路由路径之间的映射关系。当网络中出现新的通信请求时,智能决策中心根据实时采集的网络状态信息,通过已训练好的模型快速预测出最优的路由路径,并将路由指令发送给相关节点。节点接收到指令后,按照指定路径进行数据传输。

(二) 动态频谱分配的实现步骤

实现动态频谱分配,第一步是建立高精度的频谱感知网络。在物联网低功耗广域网覆盖区域内,合理部署

频谱感知节点，这些节点具备先进的频谱监测设备，能够对各个频段的信号强度、占用情况进行实时监测。感知节点将采集到的频谱数据通过专用的通信链路传输到频谱管理中心。频谱管理中心利用数据分析算法对海量的频谱数据进行处理和分析，准确识别出当前频谱的使用状态，包括哪些频段处于空闲状态、哪些频段存在干扰以及干扰的强度和类型等。当有物联网设备提出通信需求时，频谱管理中心根据设备的通信需求和当前频谱状态，运用频谱分配算法为设备分配最合适的空闲频段。在分配过程中，充分考虑设备的位置、通信距离、数据传输速率要求等因素，以确保分配的频段能够满足设备的通信质量要求，同时尽量减少对其他设备的干扰。

（三）自适应功率控制的执行方式

自适应功率控制的执行依赖于设备自身的智能感知和控制模块。设备在启动时，首先通过内置的信号强度检测模块测量与接收端之间的信号强度，并结合预先设定的信道质量评估模型，对当前信道质量进行评估。根据测量和评估结果，设备按照预设的功率调整策略初步设置发射功率。在通信过程中，设备持续监测信号强度和信道质量的变化情况。例如，通过定期发送探测信号，并根据接收端反馈的信号强度信息，实时判断当前通信链路的状况。若发现信号强度减弱或信道质量变差，设备自动增加发射功率，以增强信号的传输能力；若信号强度增强且信道质量良好，设备则适当降低发射功率，减少能源消耗。为了避免发射功率的频繁波动对通信稳定性产生影响，设备设置了功率调整阈值和调整步长。只有当信号强度或信道质量的变化超过一定阈值时，才进行功率调整，且每次调整的幅度按照预设的步长进行。

（四）分布式存储与计算架构的搭建

搭建分布式存储与计算架构，首先需要对物联网低功耗广域网中的节点进行功能划分和优化。一部分节点被设置为具有较强存储和计算能力的核心节点，这些节点配备大容量的存储设备和高性能的计算芯片；另一部分节点则作为普通的数据采集和传输节点。在数据存储方面，当普通节点采集到数据后，根据数据的类型、重要性以及与核心节点的距离等因素，选择将数据存储在本地节点或传输到就近的核心节点进行存储。对于一些实时性要求较高且数据量较小的数据，如设备的关键状态信息，可以暂时存储在本地节点，以便快速响应查询

请求；对于大量的历史数据和需要长期保存的数据，则传输到核心节点进行集中存储。在数据计算方面，普通节点在采集到数据后，先利用自身有限的计算资源对数据进行初步处理，如数据清洗、简单的统计分析等。然后，将处理后的结果数据传输到核心节点，核心节点再运用其强大的计算能力进行深度分析和复杂计算，如数据挖掘、机器学习模型训练等。通过这种分布式存储与计算架构，有效减轻了网络传输压力，提高了数据处理效率，增强了系统的容错能力，降低了因集中式架构缺陷导致的通信中断风险，保障了物联网低功耗广域网的稳定运行。

结束语

物联网低功耗广域网在当今数字化时代扮演着举足轻重的角色，但其通信中断频发问题严重阻碍了其进一步发展与广泛应用。本文通过对通信中断问题的深入剖析，明确了信号干扰、网络拥塞、设备故障以及能源供应不足等主要影响因素。同时，基于智能路由算法、动态频谱分配机制、自适应功率控制技术和分布式存储与计算架构等理论基础，提出了一系列切实可行的智能组网修复策略，并详细阐述了具体实施路径。在未来的研究与实践中，应持续关注物联网低功耗广域网技术的发展动态，不断优化和完善智能组网修复策略。一方面，加强对新型干扰源和复杂网络环境下通信中断问题的研究，进一步提升智能组网修复策略的针对性和有效性；另一方面，推动相关技术的融合创新，如将人工智能技术与物联网低功耗广域网更深度地结合，实现更加智能化、自动化的网络管理与修复。

参考文献

- [1] 王一波. 基于LoRa的低功耗广域物联网系统设计研究[D]. 深圳大学, 2019.
- [2] 王东明, 戴翬, 李健. 一种应用于低功耗广域网的物联网设备电池电压检测方法: CN201810335359.2[P]. CN108594126A[2025-06-18].
- [3] 赵迪. 基于广域低功耗的物联网通信架构分析[J]. 信息与电脑, 2020, 032(024): 147-149.
- [4] 文德景, 黄凯洪. 基于NB-IoT的低功耗广域物联网节点芯片技术[J]. 机电工程技术, 2017(S2).