

# 无线网络中的绿色节能优化技术研究

刘定泽

中国电信股份有限公司黔西南分公司 贵州 兴义 562400

**摘要:** 无线网络中的绿色节能优化技术研究旨在应对日益增长的能源消耗问题,通过创新技术手段实现网络能效的显著提升。本研究综述了基站节能技术、核心网与数据中心节能实践以及终端设备节能技术等方面的最新进展。通过智能休眠、硬件优化、网络结构调整、可再生能源应用等多种策略,有效降低了无线通信网络的能耗,提升网络运营效率。研究成果对于推动无线通信网络的可持续发展,实现绿色节能目标具有重要意义。

**关键词:** 无线网络;绿色节能;优化技术

## 1 无线网络架构及组成部分

无线网络架构是支撑现代通信系统的基石,它主要由多个关键组件和层次构成,共同实现数据的无线传输和处理。无线网络的基本架构可以分为几个主要部分:(1)无线主机。这些设备是无线通信的终端,如智能手机、笔记本电脑、物联网传感器等,它们通过无线网络与基站或其他无线主机进行通信。(2)无线链路。无线链路是连接无线主机与基站或其他无线主机的空中接口,它负责传输数据信号。无线链路的特点包括信号强度的衰减、干扰和多径传播等,这些特性会影响通信的质量和可靠性。(3)基站。在无线网络中,基站(如蜂窝网络中的蜂窝塔或无线局域网中的接入点)扮演着至关重要的角色。它们负责接收来自无线主机的信号,并将其转发到核心网络,同时也将来自核心网络的信号转发给无线主机。基站还负责网络管理、资源分配和质量控制等功能。另外,无线网络还可能包括其他组件,如路由器、交换机、认证服务器等,这些组件共同协作,确保网络的正常运行和数据的安全传输。在无线通信网络的架构中,还可以进一步细分为不同的层次,如物理层、数据链路层、网络层等。每个层次都有其特定的功能和协议,共同实现数据的封装、传输和解析。

## 2 影响无线网络能耗的因素

### 2.1 业务流量特性

业务流量特性是影响无线网络能耗的关键因素之一。业务流量的时间分布和空间分布都会直接影响网络的能耗。在空间分布上,如果某个区域的用户密度较高,那么该区域的基站和无线链路将承受更大的负载,进而消耗更多的能源。业务流量的突发性也会对网络的能耗产生影响,突发性的流量负载会导致网络能效的大范围扰动,使得网络在短时间内需要消耗更多的能源来

应对突发的数据传输需求。

### 2.2 网络覆盖与容量需求

网络覆盖范围和容量需求是影响无线网络能耗的另一个重要因素。为了满足不同区域的覆盖需求,基站需要调整其发射功率和天线配置。发射功率的增加会直接导致能耗的上升<sup>[1]</sup>。为了满足容量需求,网络可能需要部署更多的基站或采用更先进的技术来提高频谱利用率和数据传输速率。这些措施都会增加网络的能耗。网络覆盖的连续性和可靠性也是影响能耗的因素之一,为了确保网络的连续覆盖和可靠性,基站可能需要采用冗余配置和备份机制,这些都会增加网络的能耗。

### 2.3 设备性能与技术水平

设备性能与技术水平对无线通信网络的能耗具有直接影响。随着技术的发展,通信设备的能效得到了显著提升。先进的通信技术,如多输入多输出(MIMO)和正交频分复用(OFDM),通过提高频谱利用率和数据传输速率来降低每比特数据的能耗。然而设备性能的提升也带来了一定的挑战。例如,高性能设备通常需要更多的计算和存储资源,这可能会导致能耗的增加,随着通信技术的不断发展,新的技术和标准不断涌现,这些新技术可能需要更高的能耗来支持其复杂的信号处理和数据传输功能。

## 3 无线网络中的绿色节能优化技术原理

### 3.1 网络架构优化技术

#### 3.1.1 高低频协同

无线网络通常包含中、低、高不同频率的资源。高频段可以用于提供高带宽服务,满足用户密集区域或高速率需求;而低频段则用于覆盖和基本通信,确保网络的广泛覆盖。通过高低频协同组网,可以更加高效地利用频谱资源,减少不必要的能量消耗。例如,在用户密集的城市区域,可以部署高频段基站提供高速

数据服务，而在偏远地区则使用低频段基站确保信号覆盖。

### 3.1.2 宏微协同

宏基站和微基站是无线通信网络中的两种主要基站类型。宏基站覆盖范围广，但功耗较高；微基站覆盖范围小，功耗相对较低。通过宏微协同，可以根据用户分布和业务需求灵活调整基站的工作状态。在用户密集区域，可以增加微基站的使用，以减少宏基站的负载，从而降低网络整体能耗。这种协同方式不仅提高了网络覆盖质量，还实现了节能降耗的目标。

### 3.1.3 网络切片技术

5G网络引入了网络切片技术，将网络资源划分为各种不同的逻辑网络。这使得网络可以根据不同的应用和服务需求进行优化配置，提供更好的用户体验。例如，对于实时性要求高的车联网应用，可以配置专门的网络切片，确保数据传输的低延迟和高可靠性。通过优化资源配置，网络切片技术提高了网络的整体能效。

### 3.1.4 极简部署

极简部署是无线通信网络架构优化的另一个重要方向。通过机房集中化、基带池共享技术、站点室外化部署等一系列措施，可以大幅提升站点能效。此外，采用一体化基站（BBU+RRU）等高效设备，可以进一步降低部署成本和维护成本。这些措施共同推动了无线通信网络的绿色节能发展。

## 3.2 基站节能技术

基站是无线通信网络中的能耗大户，因此基站节能技术是实现绿色节能的关键。设备级节能技术主要通过改进基站设备的硬件和软件设计来实现节能，硬件方面，采用高制程芯片、利用氮化镓功放等先进技术提升设备整体能效。软件方面，通过智能符号静默、通道静默等技术，在业务闲置时段实现设备的低功耗运行<sup>[2]</sup>。采用液体冷却、自然冷源等新型散热技术，可以降低设备的散热能耗。智能储能系统通过引入电力电子技术、物联网（IoT）技术和云计算平台管理系统技术，为通信站点提供可靠电源备份。该系统还可以实现电池混合搭配使用、保障锂电池的放电深度与设计匹配等功能，进一步提高储能效率。在绿色站点改造项目中，智能储能系统可以显著降低基站的能耗。利用太阳能、风能等可再生能源为基站供电，是实现绿色节能的有效途径。通过建设太阳能光伏板、风力发电机等设施，可以将可再生能源转化为电能，供给基站使用。这种方式不仅降低基站的运行成本，还减少对传统能源的依赖。

## 3.3 无线资源管理节能技术

无线资源管理节能技术主要通过优化无线资源的分配和使用，提高网络的整体能效。频谱资源是无线通信网络中的宝贵资源，通过合理配置不同频段的使用，可以避免频段之间的干扰，提高频谱利用效率。这种配置方式不仅满足业务需求，还降低能耗。网络负载均衡技术通过动态调整网络资源分配，避免网络拥塞和资源浪费。在网络负载量低的情况下，可以通过智能关断部分基站设备或调整收发带宽等方式，降低能耗。而在网络负载量高的情况下，则可以通过增加基站设备或扩大覆盖范围等方式，提高网络容量和用户体验。引入人工智能算法，可以预测24小时业务走势，分时关闭超闲容量层，在业务闲置时段实现主设备智能硬关断。这种基于AI的多网协作节能管理技术，可以根据网络实际情况动态调整节能策略，实现一站一策、软硬一体化节能。在某通信运营商节能项目中，采用该技术搭建能耗评估管理体系，取得了显著的节能效果。

## 3.4 用户终端节能技术

用户终端作为无线通信网络的重要组成部分，其能耗同样值得关注。通过采用一系列节能技术，可以降低用户终端的能耗，延长电池使用时间。高效调制与编码技术通过优化信号的调制方式和编码方式，提高数据传输的能效。通过优化编码算法，可以减少数据传输中的冗余信息，进一步提高能效。智能天线技术通过优化天线形状和结构以及控制运动的方式来降低通信能量消耗。通过智能调整天线的指向和增益，可以进一步降低能耗。5G终端节能技术中包括了多种节能传输模式，如RRC\_INACTIVE状态、DRX（不连续接收）等。RRC\_INACTIVE状态允许终端在保持上下文信息的同时释放RRC连接，从而在需要时可快速恢复连接而消耗的功率较低。DRX技术则使终端能够周期性地监视物理下行链路控制信道以达到节省功率的目的。这些节能传输模式的应用，有效降低了用户终端的能耗。能量收集技术是一种新兴的节能技术，通过收集环境中的能量如太阳能、热能、运动能或射频（RF）波等为设备充电<sup>[3]</sup>。其中，射频能量收集技术的发展潜力巨大。射频采集器可以使用天线接收周边环境的电磁波并将其转换为可用的电能。这种技术为低功率设备如无线传感器网络提供了可行的供电方案，有助于推动无线通信网络的绿色节能发展。

## 4 绿色节能优化技术在无线通信网络中的具体应用

### 4.1 基站节能技术应用

在无线通信网络中，基站节能技术应用是绿色节能优化的重要一环。基站作为网络的关键组成部分，其能

耗占据了整个网络能耗的较大比例。如何有效降低基站的能耗,成为了无线通信网络绿色节能的关键问题。智能休眠技术是基站节能的一种重要手段,该技术通过监测基站的业务负载情况,当业务量较低时,自动将基站的部分或全部硬件模块切换到低功耗状态,从而有效减少能耗。当业务量增加时,基站又能迅速恢复到正常工作状态,确保通信的连续性和稳定性。这种智能休眠技术不仅能够有效降低基站的能耗,还能延长基站的使用寿命,减少维护成本。基站节能还涉及到硬件设备的优化和升级,随着技术的发展,新一代基站设备在能效方面有了显著提升。通过优化基站的天线设计,提高天线的辐射效率和覆盖范围,也可以减少基站的数量和发射功率,从而达到节能的目的。

#### 4.2 核心网与数据中心的节能实践

核心网与数据中心作为无线通信网络的中枢,其节能实践同样具有重要意义。在核心网方面,通过优化网络结构、采用节能设备和节能协议等措施,可以有效降低核心网的能耗。例如,引入SDN(软件定义网络)和NFV(网络功能虚拟化)技术,可以实现网络资源的灵活调度和优化配置,提高网络能效。采用高效的数据压缩和传输协议,也可以减少数据传输过程中的能耗。在数据中心方面,节能实践主要涉及到数据中心的设计、建设和运营等多个环节。通过采用高效的制冷系统、优化数据中心布局、引入可再生能源等措施,可以有效降低数据中心的能耗。通过优化数据中心的IT设备,如服务器、存储设备等,提高设备的能效和利用率,也可以进一步降低数据中心的能耗。在实际应用中,核心网与数据中心的节能实践往往需要结合具体的业务场景和需求进行定制化设计。通过智能监控和管理系统,实时监测和优化核心网与数据中心的能耗情况,确保网络的高效运行和绿色节能。

#### 4.3 终端设备节能技术探索

终端设备作为无线通信网络的最终用户接口,其节能技术同样不容忽视。随着智能手机、平板电脑等终端

设备的普及,其能耗问题日益凸显。如何降低终端设备的能耗,提高设备的续航能力和用户体验,成为了终端设备节能技术探索的重要方向<sup>[4]</sup>。在终端设备节能技术方面,主要通过优化硬件设计、采用节能软件和协议、引入可再生能源等措施来实现。例如,通过采用低功耗处理器、优化屏幕显示和背光控制、采用节能的通信协议和算法等,都可以有效降低终端设备的能耗。通过引入太阳能、动能回收等可再生能源技术,为终端设备提供辅助供电,也可以进一步延长设备的续航时间。另外,终端设备节能技术还需要结合用户的实际使用习惯和需求进行定制化设计。例如,针对频繁使用社交媒体、在线视频等应用的用户,可以优化终端设备的处理器和内存管理策略,提高设备的运行效率和响应速度,从而降低能耗。通过智能调度和管理系统,实时监测和优化终端设备的能耗情况,确保设备的高效运行和绿色节能。

#### 结束语

综上所述,无线通信网络中的绿色节能优化技术研究是一个复杂而重要的课题。通过不断探索和实践,取得了显著的节能效果。未来,随着技术的不断进步和创新,将继续深化绿色节能技术的研究和应用,为无线通信网络的可持续发展贡献更多力量。同时也呼吁业界同仁共同参与,共同推动无线通信网络走向更加绿色、高效、智能的未来。

#### 参考文献

- [1]薛宁.智能反射面辅助的无线携能通信系统优化问题研究[J].无线通信技术,2023,32(03):1-6+12.
- [2]王国荣.高铁无线通信系统中能效优化的功率分配方法研究[D].兰州交通大学,2023.DOI:10.27205/d.cnki.glttc.2023.001389.
- [3]王清文.能量采集无线通信系统中短包传输分析与优化[D].扬州大学,2023.DOI:10.27441/d.cnki.gyzdu.2023.001908
- [4]杨兴全.5G无线通信技术与网络安全分析[J].集成电路应用,2023,40(07):244-245.