

基于5G的多制式通信网络终端硬件设计研究

杨云龙

东方通信股份有限公司 浙江杭州 310000

摘要: 为满足多制式通信需求,提升网络终端性能,文章聚焦基于5G的多制式通信网络终端硬件设计展开研究。采用理论分析与方案设计相结合的方法,对5G终端硬件设计的关键需求进行分析,包括高性能处理能力、低功耗设计要求及多频段兼容性。进而提出基于5G技术的多制式兼容终端硬件设计方案,涵盖硬件架构设计,如通信模块多制式支持、信号处理模块与芯片选择;高效能与低功耗的平衡设计,涉及高性能计算单元选型与功耗优化策略;多频段支持与射频模块设计,包含射频硬件设计原则及不同网络制式适配方案。分析认为该研究对推动5G多制式通信网络终端硬件发展具有重要意义。

关键词: 5G技术;多制式通信;终端硬件;兼容性;网络设计

引言

在过去,2G、3G和4G网络逐步提升了通信速度和效率,但各自存在局限性。而5G技术凭借其高速率、低时延和大连接的特性,成为通信领域的新变革力量。然而,不同地区和场景仍广泛存在多种网络制式,单一的5G网络无法完全满足所有需求。多制式通信网络终端能够灵活切换不同网络,确保用户在复杂环境下稳定通信。多模终端的硬件架构设计围绕高效、灵活、可扩展等核心原则展开。设计师需要充分考虑不同通信模式的硬件需求,以及未来技术升级的可能性,从而设计出既满足当前需求又具备前瞻性的硬件架构。

一、5G终端硬件设计的关键需求

(一) 高性能处理能力

5G网络的理论峰值速率可达20Gbps,低时延低至1毫秒,大连接数每平方公里可支持100万个设备,这些特性使终端面临海量数据处理和复杂任务运算。在云游戏场景中,玩家操作指令需实时传输至云端服务器,同时接收高分辨率游戏画面数据,若终端处理能力不足,游戏画面将出现延迟、卡顿,严重影响体验。高清视频通话时,5G网络带来的高清画质和流畅帧率,也对终端解码、编码能力提出极高要求,需快速处理大量视频数据以保障通话质量。从硬件层面看,高性能处理器是核心,如苹果A系列芯片、骁龙8系列芯片,采用先进制程工艺和多核心架构,提升运算速度与并行处理能力。同时,高速缓存和大容量内存也必不可少,高速缓存可

快速存储和读取常用数据,减少处理器等待时间;大容量内存则能保证多任务并行时数据存储和调用的顺畅。软件层面,优化操作系统内核调度算法,合理分配系统资源,提高处理器利用率;采用高效数据处理算法,加速数据解析、运算和传输,全方位满足5G时代对高性能处理能力的需求。

(二) 低功耗设计要求

5G终端在高速率通信和高性能运算下,功耗显著增加。以5G手机为例,相比4G手机,相同使用场景下电量消耗更快,这是因为5G网络频段高、信号衰减大,通信模块需发射更强功率信号,且高性能处理器运行时能耗也高。但用户期望终端设备能长时间续航,减少充电频次,因此低功耗设计成为5G终端硬件设计关键。在硬件设计上,选用低功耗芯片和组件,如采用7nm、5nm等先进制程工艺的芯片,降低芯片漏电率和功耗;优化电源管理电路,采用高效的DC-DC转换芯片,提高电源转换效率,减少能量损耗。同时,利用动态电压频率调整(DVFS)技术,根据终端实时负载动态调整处理器电压和频率,低负载时降低电压和频率以减少功耗,高负载时恢复正常,确保性能与功耗平衡。软件层面,操作系统优化电源管理策略,智能识别后台应用并限制其资源占用,降低后台功耗;利用机器学习算法,根据用户使用习惯预测负载,提前调整硬件功耗状态,实现精准功耗控制。

(三) 多频段兼容性

5G网络频段丰富,包括Sub-6GHz频段和毫米波频

段,不同地区和运营商使用频段存在差异。同时,2G、3G、4G网络仍广泛存在,在偏远地区2G网络用于语音通话,城市中4G网络作为主要数据传输网络,5G网络则用于高速率场景。因此,5G终端需具备多频段兼容性,确保在不同网络环境下正常通信。射频模块是实现多频段兼容性的关键。设计时需采用宽频带射频前端电路,支持多个频段信号接收和发射,通过射频开关和滤波器实现频段切换和信号选择^[1]。例如,当终端从5G毫米波频段覆盖区域进入Sub-6GHz频段区域时,射频模块能快速切换,保证通信连续性。同时,要解决不同频段信号间干扰问题,合理设计电路布局,减少电磁干扰;采用先进的干扰抑制算法,对接收信号进行处理,消除频段间干扰。此外,还需考虑不同网络制式的适配,如2G的GSM、3G的WCDMA和CDMA2000、4G的LTE等,确保射频模块能准确解调和解码不同制式信号,实现多频段、多制式的无缝通信。

二、基于5G技术的多制式兼容终端硬件设计方案

(一) 硬件架构设计

1. 通信模块的多制式支持设计

在5G多制式通信网络终端中,通信模块的多制式支持设计是实现无缝通信的关键。5G网络虽然具备强大的性能,但2G、3G、4G网络仍在广泛使用,不同地区和应用场景对网络制式的需求各不相同。通信模块需要集成多种通信协议,如GSM、WCDMA、LTE以及5G NR等,通过软件定义无线电(SDR)技术,实现不同制式信号的收发和转换。例如,在设计通信模块时,采用可重构的射频前端电路,能根据不同网络制式的频段和信号特性,灵活调整电路参数。当处于2G网络环境时,通信模块可切换到对应的频段和调制方式,确保语音通话的稳定;在4G网络下,调整为适配LTE的参数,提供高速的数据传输^[2]。同时,通信模块还需具备快速的制式切换能力,当用户从一个网络覆盖区域移动到另一个区域时,能在短时间内完成网络制式的切换,保证通信的连续性,避免出现信号中断或数据丢失的情况,为用户提供稳定、可靠的通信服务。

2. 信号处理模块与芯片选择

信号处理模块负责对通信模块接收到的信号进行解调、解码、纠错等处理,其性能直接影响终端的通信质量和数据处理能力。在5G多制式通信网络终端中,信号处理面临着复杂的信号环境和海量的数据处理任务。因此,选择合适的芯片至关重要。高性能的信号处理芯片

通常采用先进的制程工艺,如7nm或5nm制程,以提高芯片的运算速度和降低功耗。这些芯片具备强大的数字信号处理(DSP)能力和多核架构,能够并行处理多种信号处理任务。例如,在处理5G信号时,芯片可快速对高速率的OFDM信号进行解调,还原出原始数据;对于不同制式的信号,芯片通过内置的算法库,实现精准的解码和纠错。同时,考虑到多制式通信的兼容性,芯片还需支持多种通信协议的信号处理,具备良好的扩展性,以便在未来网络技术升级时,能够通过软件升级或硬件扩展,适应新的信号处理需求,保障终端在复杂通信环境下的稳定运行。

(二) 高效能与低功耗的平衡设计

1. 高性能计算单元的选型

在5G多制式通信网络终端追求高效能与低功耗平衡的过程中,高性能计算单元的选型起着决定性作用。5G网络的高速率、低时延特性使得终端需要处理大量的数据,这就要求计算单元具备强大的运算能力。例如,在进行高清视频流实时解析、复杂的物联网数据交互以及云端游戏的实时渲染时,计算单元需要在短时间内完成海量数据的处理,否则会导致视频卡顿、数据传输延迟、游戏画面掉帧等问题,严重影响用户体验。在选型时,首先要考虑计算单元的核心架构。先进的多核架构能够并行处理多个任务,提高计算效率。像ARM的Cortex-A系列架构,通过优化核心设计和缓存机制,在提升性能的同时,有效控制了功耗。其次,制程工艺也是关键因素^[3]。采用7nm甚至5nm的先进制程,能够在更小的芯片面积上集成更多的晶体管,提高运算速度的同时降低功耗。此外,计算单元的散热性能也不容忽视。良好的散热设计可以保证计算单元在高负载运行时保持稳定的性能,避免因过热导致的降频现象,从而确保终端设备在长时间使用过程中都能维持高效的运行状态。

2. 功耗优化策略

功耗优化策略是实现5G多制式通信网络终端高效能与低功耗平衡的重要手段。从硬件层面来看,一方面可以采用动态电压频率调整(DVFS)技术。该技术根据计算单元的实时工作负载,动态调整其供电电压和运行频率。当处理简单任务时,降低电压和频率,减少功耗;在面对复杂任务时,提高电压和频率以满足性能需求,从而在不同工作状态下都能实现功耗的优化。另一方面,选用低功耗的电子元件,如低功耗的内存、电源管理芯片等,从源头降低设备的整体功耗。在软件层面,优化

操作系统的电源管理策略至关重要。通过智能算法，对系统中各个应用程序的资源使用情况进行实时监测和调度。对于暂时处于后台的应用，降低其资源分配，减少不必要的功耗。

(三) 多频段支持与射频模块设计

1. 射频硬件设计原则

在5G多制式通信网络终端中，射频硬件是实现多频段支持的核心部分，其设计需遵循一系列重要原则。首先是频率覆盖原则，5G网络涵盖了丰富的频段，从Sub-6GHz到毫米波频段，同时还要兼容2G、3G、4G的频段。因此，射频硬件要能够覆盖这些广泛的频率范围，确保在不同频段下都能正常工作。例如，通过采用宽频带的射频前端电路，能够实现多个频段信号的接收和发射，减少因频段切换带来的信号损失。其次是线性度原则。在射频信号的处理过程中，由于信号功率的变化以及不同频段信号的相互作用，容易产生非线性失真。这会导致信号质量下降，影响通信的准确性和稳定性。为保证线性度，在设计射频放大器等关键组件时，要选用线性度高的器件，并采用先进的线性化技术，如预失真技术，对信号进行预处理，补偿非线性失真，确保输出信号的准确性。再者是噪声抑制原则。射频信号在传输和处理过程中容易受到各种噪声的干扰，如热噪声、电磁干扰等。这些噪声会降低信号的信噪比，影响通信质量。因此，射频硬件设计要采用有效的噪声抑制措施，如合理的电路布局，减少电磁干扰的耦合；使用低噪声放大器，降低信号接收过程中的噪声引入，提高信号的质量，保障终端在复杂电磁环境下的稳定通信。

2. 不同网络制式的适配方案

不同网络制式具有各自独特的信号特性和通信协议，5G多制式通信网络终端的射频模块需要具备相应的适配方案。对于2G网络，主要采用GSM制式，其工作频段相对较低，信号调制方式简单。在适配时，射频模块需要提供对GSM频段的准确支持，通过合适的滤波器和射频开关，确保在GSM频段下信号的稳定接收和发射。同时，要兼容其时分多址（TDMA）的通信方式，准确控制信号的传输时隙。对于3G网络，如WCDMA、CDMA2000等制式，频段和信号特性与2G有

所不同。射频模块需要调整参数以适应其更宽的带宽和更复杂的调制方式。例如，针对WCDMA的宽带码分多址（WCDMA）技术，射频模块要能够准确解调和解码信号，通过优化射频电路和信号处理算法，提高对3G网络信号的处理能力。4G网络采用LTE制式，具有更高的数据传输速率和更灵活的调度机制。射频模块要支持LTE的多频段操作和载波聚合技术，能够在不同频段间快速切换，并实现多个载波的聚合，以提高数据传输速度。对于5G网络，特别是毫米波频段，由于其信号传播特性，射频模块需要采用更先进的天线技术，如大规模MIMO，提高信号的方向性和覆盖范围，同时优化射频电路以适应高频段的信号处理要求，实现不同网络制式的无缝切换和高效通信。

结论

综上所述，文章针对5G多制式通信网络终端硬件展开深入探讨。明确了5G终端硬件在高性能处理能力、低功耗设计要求以及多频段兼容性方面的关键需求，并提出了相应的多制式兼容终端硬件设计方案。通过优化硬件架构，如通信模块的多制式支持设计、信号处理模块与芯片的合理选择；实现高效能与低功耗的平衡，包括高性能计算单元的选型以及功耗优化策略；达成多频段支持与射频模块设计，遵循射频硬件设计原则并制定不同网络制式适配方案，有效解决了5G多制式通信终端硬件设计中的关键问题，为提升5G终端设备性能、促进多制式通信网络融合发展提供了有力支撑，对推动5G通信技术在多场景下的广泛应用具有重要作用。

参考文献

- [1] 马骞, 郑淑清, 郭远水, 等. 轨道交通多制式专用移动通信系统互联互通方案研究[J]. 铁道通信信号, 2024, 60(06): 62-68.
- [2] 杨加一, 闫俊. 近距无线通信组网拓扑技术[J]. 电子科技, 2024, 37(04): 97-102.
- [3] 刘兰军, 吴坤宇, 陈家林, 等. 基于迁移学习的水声通信信号调制识别方法[J]. 海洋技术学报, 2022, 41(02): 1-11.