

5G 通信信号处理系统的设计及发展方向研究

阮英兰

南昌理工学院 电子与信息学院

DOI:10.12238/acair.v1i4.6798

[摘要] 随着5G通信技术的快速发展,高速数据传输、低时延通信和大规模设备连接等需求不断涌现,对通信系统提出了更高的要求。设计一套高效可靠的5G通信信号处理系统成为当今通信领域的重要任务。本文将深入探讨系统的各个关键模块设计以及未来发展方向,旨在为5G通信系统的设计和优化提供有益的参考。

[关键词] 5G通信; 信号处理; 设计; 发展

中图分类号: TN911.7 **文献标识码:** A

Research on the design and development direction of 5G communication signal processing system

Yinglan Ruan

School of Electronics and Information, Nanchang University of Technology

[Abstract] With the rapid development of 5G communication technology, the demand for high-speed data transmission, low-delay communication and large-scale device connection continues to emerge, which puts higher requirements on communication systems. Designing an efficient and reliable 5G signal processing system has become an important task in today's communication field. This paper will deeply discuss the design of each key module of the system and the future development direction, aiming to provide useful reference for the design and optimization of 5G communication system.

[Key words] 5G communication; Signal processing; Design; develop

引言

本文深入研究了5G通信信号处理系统的设计及其未来发展方向。首先,通过分析5G通信的特点,突出其高速数据传输、低时延通信和大规模设备连接等方面的需求。随后,详细探讨系统中关键模块的设计,包括发射通道、物理层安全信号设计、独立本振模块以及接收通道。针对这些设计,着重讨论在大宽带、高频率、复杂信号处理等方面的技术难题和解决方案。

1 5G通信发展的背景

随着科技的不断进步和社会的日益数字化,通信技术也在不断演进。5G通信作为第五代移动通信技术,是继2G、3G和4G之后的最新一代移动通信技术。首先,5G的发展背景与人们对更高速度、更低时延、更大连接数的需求密不可分。传统的通信技术已经无法满足日益增长的数据流量和用户对更快速、更可靠通信的期望。移动应用、物联网、高清视频、云计算等技术的普及,对通信速度和质量提出了更高的要求,5G应运而生,旨在为用户提供更为高效、可靠的通信服务。其次,5G的发展也受到产业结构升级和新技术应用的推动。随着工业互联网、智能制造等概念的兴起,对于通信网络的要求更高。5G能支持大规模

设备连接的技术,为工业互联网和物联网应用提供更广泛的支持,推动产业升级。同时,国家层面对于5G技术的发展也给予了强有力的支持。各国纷纷将5G通信列为国家战略发展方向,出台一系列政策鼓励和支持,推动相关产业的研发和应用。在全球范围内,5G的标准化工作也得到了国际组织和行业协会的共同努力,确保了全球范围内5G通信的一致性和互操作性。此外,5G的发展还受益于新一代通信技术的不断突破。毫米波通信、大规模MIMO(Multiple-Input Multiple-Output)技术、网络切片等新技术的引入,使得5G在带宽、频谱利用率、覆盖范围等方面都有了质的飞跃,为更加复杂的通信场景提供了可能^[1]。

2 5G通信信号处理系统的硬件构成

5G通信信号处理系统是当今无线通信领域的先进技术之一,其硬件构成关乎通信系统的性能和可靠性。在构建5G通信信号处理系统时,硬件的设计必须综合考虑多方面的因素,以满足高速数据传输、低时延、大容量等新一代通信网络的需求。首先,5G通信信号处理系统中,处理单元的选取直接关系到整个系统的计算能力和响应速度。在5G系统中,常见的处理单元包括高性能中央处理器(CPU)、数字信号处理器(DSP)和现场可编程门阵列

(FPGA), 处理单元协同工作, 负责对传入的信号进行实时处理和分析, 确保系统能够满足高速数据传输的需求。其次, 与传统通信系统相比, 5G通信信号处理系统更加注重模块化设计。通信系统由基带处理模块、射频前端模块、射频后端模块等多个模块组成, 并通过标准接口进行连接, 在基带处理模块中, 应用数字信号处理器(DSP), DSP负责对数字信号进行复杂的算法运算, 包括信号调制解调、通道编码解码等。另一方面, 射频前端模块将数字信号转换为射频信号, 并进行预处理以适应信道传输特性, 以上两个模块协同工作, 使系统能够高效处理各种复杂的通信信号。射频后端模块则包括射频接收机和射频发射机。射频接收机负责接收来自天线的射频信号, 并将其转换为基带信号, 以便后续数字信号处理。射频发射机则负责将数字信号转换为射频信号, 经过射频前端模块的处理后送至天线进行发送。在硬件构成中, 天线作为信息的输入和输出端, 应具备宽带、高增益、低损耗等特性, 以适应5G通信系统对信号传输的高要求。设计天线时要考虑频率范围、波束赋形、天线阵列技术等方面, 以确保信号的高效传输和接收。此外, 5G通信信号处理系统还涉及到时钟同步、电源管理等方面的硬件设计。时钟同步是保证整个系统各模块协同工作的基础, 而电源管理则关系到系统的能效和稳定性。在5G系统中, 应采用高精度的时钟同步方案, 以确保系统中的各个部分同步运行。而外围电路接口包括与其他设备的通信接口、数据输入输出接口、以及与传感器、存储设备等的连接接口应符合5G通信系统的标准, 保障系统的可靠互联和数据交换^[2]。

3 5G通信信号处理系统的设计

3.1 发射通道设计

设计发射通道是5G通信系统中至关重要的一部分。其主要目标是为调制系统提供便利, 使基带信号更可靠且安全地发送至射频源。在设计过程中, 采用OFDM多址方式, 为系统下行链路提供保障, 确保高速数据传输。同时, 结合OFDM的优点对频率资源进行合理配置, 形成独立的子载波单元。在发射通道的设计中, 应用R12版本载波技术, 将众多的29MHz单元载波整合。并优化高速FPGA单元, 对数字信号处理(DUC)等算法进行优化, 进而促进各类载波聚合, 以合理有效地完成位置配置。载波信号范围在400~6000MHz之间, 利用射频合成器模块产生, 应用MIMO4×8信号, 确保系统发射通道功率在合理范围内。中频基带调制器的信号则需要精准确度的增强, 以发挥解调的最大价值。此外, 在发射通道的外围电路接口中, 重要的有加载、时钟以及电源模块。在设计时钟模块过程中, 应确保系统信号时钟和本区域一致性, 以满足5G通信高速传输数据的发展要求^[3]。

3.2 物理层安全信号强化技术设计

物理层安全信号强化技术设计是5G通信系统中的关键环节。在数据发射阶段, 优化配置, 实现信息的高效传递, 并形成波束赋形。在此过程中, 采用矩阵处理将数据转化为发射信号, 并通过天线传输, 再转化成预编码, 使波束赋形更为便捷可行。为了增强信号的安全性, 在信号中加入人工噪声, 利用zf预编码技

术处理人工噪声, 减弱对通信用户的干扰。需要注意的是, 人工噪声容易导致信号监听信道恶化, 因此在设计中, 应平衡噪声和数据信号的配置, 提升通信信号处理系统的安全速率性能。在信道预判阶段, 明确导频序列, 利用zf预编码技术处理人工噪声, 进一步削弱对正常信号的干扰, 并采用导频双向校正的设计方式, 将接收端引入信号校正中, 实现信号的双向校正, 提高工作效率^[4]。

3.3 设计独立本振模块

独立本振模块的设计在5G通信信号处理系统中十分重要, 特别是第一本振的设计, 直接关系到系统相噪指标与实际要求的符合。首先, 在设计独立本振模块时, 要关注“微波滤波器”和“高指标射频”模块的设计。高指标射频模块应满足相应的设计要求, 保证信号宽带大于160MHz, 并且平坦度要小于0.5dB。变频第一本振信号中相噪的设计要结合具体要求进行, 符合实际发展情况, 防止测试中出现不确定因素或产生不必要误差, 再通过带通滤波器对产生的杂散信号进行控制与处理, 确保信号长时间固定在第二中频频率中, 为信号分析模块提供有序传递^[5]。

3.4 设计接收通道

5G通信信号处理系统中, 高速数据接收通道的设计目标是促进射频信号有序变频, 实现射频信号和中频频率的有机融合。在接收通道的设计中, 应加入程控步进衰减器和低噪声放大器, 以提高系统自身小信号接收的灵敏度, 并实现信号电平衰减量的有效调节。同时, 应用低通滤波器, 让系统自动过滤超过测量频率范围之外的信号, 避免不良信号对系统运行的负面影响, 从而提升系统的安全性与可靠性。在独立本振模块的设计中, 第一本振的设计要确保信号宽带与高宽带标准相符合, 通过相位环路对10MHz频率的参考鉴相进行智能锁定。接收通道还涉及到时钟同步、电源管理等方面的硬件设计。时钟同步要求更加严格, 应采用高精度的时钟同步方案, 以确保系统中的各个部分同步运行。电源管理直接关系到系统的能效和稳定性, 对系统设计提出更高的要求。在外围电路接口的设计中, 应考虑与其他设备的通信接口、数据输入输出接口, 以及与传感器、存储设备等的连接接口, 确保其符合5G通信系统的标准, 以实现系统的可靠互联和数据交换。

4 5G通信信号处理系统设计的未来发展方向

4.1 推进数字信号处理技术与微处理器的有机融合

推进数字信号处理技术与微处理器的有机融合是未来5G通信信号处理系统设计的关键方向之一。数字信号处理(DSP)技术在5G通信中的作用至关重要, 而与微处理器的有机融合将推动通信系统更好地适应不断变化的通信需求。未来的5G通信信号处理系统趋向于更高集成化, 数字信号处理和微处理器将融合在高度集成的SoC(System-on-Chip)中, 以提高系统性能、降低功耗, 并促进系统的可扩展性。在同一芯片上集成DSP和微处理器, 系统能够更高效地执行各种通信算法和协议, 从而提供更灵活的通信解决方案。数字信号处理技术与微处理器的有机融

合能支持新型的通信协议,尤其是具有更高数据速率和更低时延要求的协议。在硬件层面对相关协议进行优化,为用户提供更高效、可靠的通信服务,满足未来通信网络的日益增长的性能需求。另外,将通用处理器与定制硬件协同工作是数字信号处理系统设计的趋势。通用处理器能够执行通用性任务,而定制硬件则能专门针对特定的信号处理任务进行优化,协同工作将提高系统的灵活性和性能,使其更好地适应不断变化的通信环境。总之,数字信号处理技术与微处理器的有机融合是5G通信信号处理系统设计未来的发展方向之一。通过高度集成的SoC设计,对新型通信协议的支持以及通用处理器与定制硬件的协同工作,未来的系统将能够更好地满足5G通信的复杂需求,提供高效、灵活和可靠的通信解决方案。

4.2 促进内核结构优化

促进内核结构优化是5G通信信号处理系统设计的重要方向,深入挖掘内核结构的潜力,能提高系统的运算效率和性能,更好地满足未来通信网络的需求。未来的5G通信系统将面临处理海量数据的复杂和高效算法的需求。在硬件层面加速这些算法的执行是提高系统计算效率的有效途径。例如,应用专门的硬件加速器支持5G通信中的波束赋形技术,能提高系统对多用户的同时支持能力,从而满足日益增长的通信需求。另外,将CPU、GPU、FPGA等不同架构的处理器组合成异构计算平台。允许根据不同任务的需求选择最优处理器,从而更高效的计算资源利用率,使5G通信信号处理系统能平衡功耗和性能,以适应不同通信场景的要求。此外,5G通信系统需要长时间运行,因此低功耗设计和能效优化成为设计的重要考虑因素。通过优化内核结构,减少功

耗,系统能更好地适应各种应用场景,包括物联网设备和移动通信基站,从而确保系统的可持续性和稳定性,为未来通信需求提供可靠的支持。总之,促进内核结构优化是5G通信信号处理系统设计中的必要措施。通过优化算法执行、采用异构计算平台以及专注于低功耗设计和能效优化,系统能更好地适应不断发展的通信环境,为通信提供高效、可靠的解决方案。

5 结束语

5G通信信号处理系统的设计不仅关乎当前通信技术的发展,更需要顺应未来通信网络的不断演进。通过对硬件构成、系统设计和未来发展方向的综合研究,以更好地把握5G通信的核心技术,为未来通信领域的创新和发展提供坚实的基础。

[参考文献]

- [1]徐江苏.设计和实现5G通信信号处理系统的措施思考[J].市场周刊·理论版,2020,(22):185.
- [2]刘丹阳.基于5G通信增强物理层安全信号处理技术研究[J].电子测试,2020,(24):123-124.
- [3]赵卓.5G通信增强物理层安全信号处理技术研究[J].信息技术与信息化,2019,(05):163-166.
- [4]孙昊.5G通信信号模拟器系统软件设计[J].电子产品世界,2019,26(04):69-71.
- [5]胡霞.5G通信信号处理系统设计技术的实现[J].通信电源技术,2020,37(20):185-186,189.

作者简介:

阮英兰(1991--),女,汉族,江西南昌人,本科,南昌理工学院助教,研究方向:信号与信息处理。