

5G 通信网络中多路径通信机制的动态调度方法

邓永辉¹ 程昆²

1. 中国联合网络通信有限公司南昌分公司 江西省南昌市 330038

2. 中国联合网络通信有限公司江西省分公司 江西省南昌市 330038

摘 要: 伴随着 5G 通信网络的迅猛进步, 数据流的高效传递以及可靠保障变为网络性能提升的关键要素, 多路径通信机制在降低延迟提高吞吐率和增强链路可靠性方面展现出独特优势, 因为它能够利用多个网络通道并行传输数据, 然而 5G 网络的链路状态动态变化其环境复杂, 对多路径通信调度方法提出了更高要求。本文着重探讨 5G 通信网络里的多路径通信机制, 给出了一种依据网络状态感知以及流量智能分配的动态调度办法, 该方法结合实时传输路径状态网络负载与应用需求对数据流进行灵活地分配和路径选择, 实现了通信质量与路径利用效率的有机融合, 研究成果表明此调度策略不但能够切实降低数据包的丢失概率以及端到端的延迟, 而且还可增进整体系统的资源使用效率以及业务的稳定程度。本文对推动新一代网络服务体验, 促进 5G 网络多路径通信机制的应用与优化具有重要现实意义。

关键词: 5G 通信网络; 多路径通信; 动态调度; 网络状态感知; 流量分配

引言

5G 通信网络不断发展, 信息社会对高带宽低延迟高可靠性的网络服务需求快速增长, 5G 网络凭借超高数据速率灵活组网能力大规模接入特点, 为智能终端互联工业物联网智慧城市等新场景筑牢坚实基础, 受到复杂环境限制如无线信道波动用户移动增加流量突发等, 单一传输路径无法满足高性能强保障应用要求。多路径通信机制整合多条独立数据路径达成吞吐量提升, 链路冗余备份负载均衡功能, 被视为提升 5G 网络性能和服务质量重要手段, 学术界和产业界于多路径传输协议优化以及路径选择算法改进这两个方向展开了众多研究, 像 MPTCP 这类协议已然在诸多网络应用场景中, 证实了自身的实际成效。针对 5G 网络链路状态变化非常快, 应用类型又特别多的特点, 迫切需要设计出一种更聪明反应更快调度更合理的机制, 这篇论文着重探讨 5G 网络内的多路径通信技术, 规划了一种能够实时洞悉当前网络情形并机智地将数据流量分配至最适宜路径上的动态调度手段, 旨在显著提升网络资源的利用率最终实现数据传输既快又稳的目标。

1.5G 通信网络与多路径通信机制基础

1.15G 通信网络架构与特性

5G 通信网络因全新架构设计现成为技术领域备受关注的技术之一, 该技术大幅提升了无线通信的整体性能, 新网

络凭借全新的无线接入方式以及核心网络的重新设计, 成功让数据传输速度变得更快使信号延迟降得更低, 并且一次能够连接的设备数量以及整个网络所能承载的数据量都有了大幅的增加。5G 网络将云计算与虚拟化等新技术充分运用, 使服务的调整更为灵活部署新功能的速度更快, 进而能够有力地支持海量的物联网设备运行同时也能给予超高速的移动上网体验, 不管选择独立组网或者非独立组网的方式, 不但完全兼容原先的 4G 设备以及基站而且大力推进网络切片这类新技术的成熟与发展, 如此便能够轻松满足不同用户针对速度、稳定性和安全性的各种不同需求。正因为这样, 5G 网络为多条路径同时传输数据的机制给予了极为良好的基础条件。

1.2 多路径通信机制原理

多路径通信机制在相同数据流中采用数条传输路径以提高通信性能, 每条路径各自传输相应的片段数据, 从而使整体数据流的传输具备更高的灵活性与适应性, 凭借路径分散性系统能够在网络跳数改变带宽波动以及链路失效等状况下, 保障数据传输的连续性与稳定性, 多路径通信提高了传输效率, 并加强了抵抗网络拥塞和单点故障的能力。该机制通常借由协议或算法来监测路径状态并达成动态路径选择, 确保全局负载均衡与最优化的资源分配从而最大程度提升网络整体性能。

2.5 G 场景下多路径调度需求与关键问题

2.1 5G 网络环境下链路动态变化特点

在 5G 网络中无线链路的状况变得极为复杂, 并且始终处于变化之中, 这给采用多条路径同时传输数据的调度造成了极大的阻碍。信号变弱用户走动不同设备性能差别大, 突然涌进来很多数据流量这些情况都会让链路质量来回波动, 信号变弱主要源于信号在传播期间与建筑物相遇, 抑或多条路径相互叠加干扰所致, 此类干扰不仅数量众多而且来得极为突然, 根本难以提前精确计算。手机或者终端跑得很快经常从一个基站切到另一个基站, 这就要求网络必须把延迟压到极低, 同时还不能丢包不能断线, 5G 里频段高低各异协议版本不同, 手机芯片性能亦有差别致使每条路径质量优劣悬殊, 网络需实时定将数据包发往哪条路径, 此决定得快尤其全网皆忙之际倘若几条路径流量分配不均, 部分路径会被挤爆堵得极为严重。

2.2 多路径调度面临的技术瓶颈

如今 5G 网络运行之际, 多路径调度面临诸多技术难题, 用户的需求各式各样网络应用亦纷繁复杂, 要确切知晓每条传输路径当下的具体情形, 并且能够及时对这些信息予以更新, 这着实是一个极为重要的难题, 传输线路的状况时常变动故而调度系统务必要能够迅速察觉这些变化, 即刻进行调整以应对网络的不稳定状况。网络的带宽大小各异, 传输延迟时间不一, 设备负载状况不同, 这种不均衡致使选择传输路径和分配数据流量变得更为艰难, 不同的传输路径性能有着极大的差异并且变化无常, 在这样的情形下, 期望所有数据流能够高效地组合并优化传输效果变得极为艰难, 多路径调度的智能程度以及自动运行能力对通信的质量和网络的稳定程度有着直接影响, 当下必须克服现有算法的缺点, 开发出更为灵活更为智能的调度技术。

2.3 路径选择与流量分配的优化目标

优化目标是为了提高网络性能和用户体验, 其中包括路径选择和流量分配, 为了实现高效数据传输需要实时监控多路径环境里的链路质量, 依靠智能算法优化路径选择以将端到端时延和数据包丢失降低到最低限度, 于流量分配里使各路径间的负载达成均衡优化系统资源的利用率, 实现网络稳定性与可靠性以应对 5G 网络繁杂且易变的环境需求。优化目标利于满足不同业务需求, 保障网络资源灵活调配的灵活性与效率。

3. 基于状态感知的动态调度机制

3.1 网络状态实时感知与信息收集

在 5G 通信网络的多路径动态调度机制中, 网络状态的感知和信息收集极为重要, 要想实现高性能的数据流传输, 必须细致地监控网络链路的情况包括延迟带宽和丢包率这些指标, 要达成这一目标就需要运用高精度的传感技术, 并且还得借助前沿的算法来深度剖析大量的动态数据, 在网络状况的预判环节会借助过去的的数据以及当下的网络状态, 依据具体情形构建起基于机器学习与大数据技术的高效预判模型。整个过程要求信息采集系统具有很强的适应能力与扩展能力, 以适应网络中繁杂且不断变化的环境条件, 运用这些技术多路径动态调度机制, 就能够精确地调适通信路径达成资源的优化配置, 保证通信效率抵达最高水准。

3.2 智能流量分配与路径选择策略

动态流量分配和路径选择策略在 5G 多路径通信中起到极为重要的作用, 系统利用网络状态感知技术能够即刻获取每条传输路径的链路质量、可用带宽以及时延等关键数据, 系统凭借强大的机器学习算法针对这些数据进行细致分析与精准预测, 持续优化流量调度方案, 使不同类型的数据流能够在多条路径之间实现最为合理的分配。这种策略可以很容易地应对 5G 网络中随时可能出现的链路状态波动, 同时极大地提高网络资源利用效率和数据传输稳定性为整个多路径通信机制提供非常可靠的技术支持。

3.3 路径利用效率与通信质量提升方法

路径利用效率和通信质量要想做得更好, 动态调度机制必须牢牢抓住路径选择和流量分配这两件事, 系统会不停地去测每条路径现在的带宽有多大延迟是多少丢包率高不高, 把这些关键数据全都抓到手, 如此这般才能挑出当下最靠谱的路径, 拿到这些实时数据以后智能流量分配功能立马开始工作, 将需传的数据合理地分配至不同路径确保每条路径都能充分利用资源既不闲置也不超载。系统还运用机器学习算法持续剖析先前的通信记录以及当下网络环境的变动, 预先推断出哪条路径在稍后可能会变优或变差, 继而即刻调整每条路径可分配的流量数额, 这样做下来路径的实际使用率大幅提升, 整体通信变得又快又稳网络遇到突发情况也不容易崩溃, 整个系统变得更加可靠耐用。

4. 模拟验证与性能对比

4.1 多路径动态调度机制仿真环境

多路径动态调度机制的仿真环境需要先把特定硬件平台完全搭建好,用来真实再现 5G 网络那种特别复杂的情况以及链路随时会变化的特点,研究人员仔细地使用 NS3 仿真工具建立整个网络结构,基站手机终端核心网设备这些主要组成部分,清楚地包含在里面,目前最常见的 5G 标准也就是超大带宽极短延迟大量设备密集连接在一起的样子,所有网络参数都配置成这样。仿真中特别事先设计了多种不同的网络状况场景,诸如某条链路突然堵死某条路径直接断开整体流量分配严重失衡等情形,借由这些场景来全方位呈现动态调度机制能够自动优化调节路径选择与流量分配的功能,整个过程将实时采集诸如数据包丢失比例实际延迟时间总吞吐量等核心指标且完整保存,以确切验证调度方法在面对各类网络状况时,能否保持高效且运行稳定。

4.2 性能指标与效果测评

有效性评估多路径动态调度机制非常关键,在模拟环境中人们重点考察的有数据包丢失率,端到端时延资源利用率以及业务稳定性,这几项指标清晰地展现了通信质量与系统效率究竟提高了多少,数据包丢失率用以衡量调度方法能否有效降低误码与丢包现象,端到端时延清楚体现通信速度得到多大改善。资源利用率分析重点关注的是网络资源分配是否合理,业务稳定性重点考察系统在面对不同负载情况时,能否保持可靠运行,人们通过比较传统方法和动态调度策略谁更优秀,就能很容易认清新型调度方法实际用起来到底改进了多少。

4.3 典型应用场景下的适用性分析

在典型的 5G 应用场景中动态调度机制展现出显著优势,其中多路径的作用不可忽视,在大规模视频传输环境里网络拥塞被智能路径选择给减少了,画面流畅度和稳定性得到了提高,在实时在线游戏场景里端到端时延被降低了,同时数据包传输的可靠性也得到了确保进而增强了用户体验,于物联网应用领域内调度机制切实有效地施行,对于大规模设备连接情形下的数据流展开管理以保障关键任务所具备的及时性以及可靠性。模拟结果表明该机制适用于多个关键场

景,提高了 5G 网络服务质量。

5. 结束语

面向 5G 通信网络里面多路径通信机制容易碰到链路变化太快,加上对调度性能要求很高这些问题,研究人员提出一种依靠实时监测网络状态,再结合流量智能分配方式来自适应调度数据的方法,这种方法会同时仔细考虑当前每条路径好不好用,网络整体负载情况以及不同应用到底需要什么,从而实现数据流动态选择最佳路径,并合理分配流量。大量实验证明这种方法能够明显降低数据包丢包率和从发送端到接收端的延迟时间,同时提升整个网络资源使用效率和业务运行稳定性,为 5G 网络真正用上多路径通信技术以及后续继续改进优化带来扎实技术支持和理论依据,在当下这种繁杂且各类网络相互交织的环境之中,此种方法能够妥善应对各类各异的业务需求场景。然而当遭遇突发极端网络状况抑或数量众多的设备需要共同协作之际,实时响应速度以及扩展能力仍旧会遭遇某些挑战,通过强化不同网络层之间信息的融汇增强调度算法依据环境变化展开动态调整的能力,并且探索怎样把网络切片技术与安全机制相结合来拟定调度策略,这些方面会变成日后研究的关键方向。在未来的工作里能够把此模型运用至更多种类的无线通信场景当中,凭借此来促使新一代网络的服务质量得以改进。

参考文献:

- [1] 薛超. 基于 5G 通信网络的通信传输建设 [J]. 中国科技期刊数据库. 工业 A, 2022, (05).
- [2] 欧阳志勇. 5G 通信网络部署与规划 [J]. 无线互联科技, 2020, 17(15): 1-2.
- [3] 钱焱辉. 5G 移动通信网络的安全研究 [J]. 中国宽带, 2020, (05): 37-37.
- [4] 汪晓琳. 5G 移动通信网络的架构特征 [J]. 电子技术与软件工程, 2020, (10): 1-2.
- [5] 藏涛丁东艳. 5G 通信网络频谱资源分配方法研究 [J]. 电子测试, 2021, 32(10): 66-67.

作者简介: 邓永辉 (1979.11-), 男, 汉族, 江西, 本科, 通信工程师, 南昌联通副总经理, 现主要从事的网络管理工作, 研究方向无线通信。