

高速网络环境下大规模在线开放课程（MOOC）的稳定性优化研究

王书显

（贵州大学，贵州 贵阳 550025）

摘要：随着5G、光纤等高速网络技术的普及，大规模在线开放课程（MOOC）已成为终身学习、教育普惠的核心载体，但其在高速网络环境下的并发访问拥堵、资源调度失衡、系统架构适配不足等问题，严重影响用户学习体验与教学质量。本文针对高速网络高带宽、低延迟、高并发的特性，结合MOOC系统的业务需求，设计一套全方位的稳定性优化方案，涵盖资源调度、系统架构、并发保障等核心模块，并通过技术实现与对比测试，验证方案的有效性与可行性。研究结果表明，优化后的MOOC系统在并发访问峰值、资源加载延迟、系统故障率等关键指标上均有显著提升，能够适应高速网络环境下大规模用户的访问需求，为MOOC平台的稳定运行提供技术支撑与理论参考。

关键词：高速网络；MOOC；稳定性优化；资源调度；并发访问；系统架构适配

中图分类号：G642.0

文献标识码：A

文章编号：3106-2709（2025）12-0001-04

DOI：10.62022/NCAR.issn3106-2709.2025.12.001

Research on Stability Optimization of Massive Open Online Courses (MOOCs) in High Speed Network Environment

Wang Shuxian

(Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025)

Abstract: With the popularization of high-speed network technologies such as 5G and fiber optics, Massive Open Online Courses (MOOCs) have become the core carrier of lifelong learning and educational inclusiveness. However, their concurrent access congestion, resource scheduling imbalance, and inadequate system architecture adaptation in high-speed network environments seriously affect user learning experience and teaching quality. This article focuses on the high bandwidth, low latency, and high concurrency characteristics of high-speed networks, and combines them with the business requirements of MOOC systems to design a comprehensive stability optimization plan, covering core modules such as resource scheduling, system architecture, and concurrency assurance. Through technical implementation and comparative testing, the effectiveness and feasibility of the plan are verified. The research results show that the optimized MOOC system has significantly improved key indicators such as peak concurrent access, resource loading delay, and system failure rate, and can adapt to the access needs of large-scale users in high-speed network environments, providing technical support and theoretical reference for the stable operation of MOOC platforms.

Keywords: high-speed network; MOOC; Stability optimization; Resource scheduling; Concurrent access; System architecture adaptation

一、高速网络环境下MOOC稳定性优化方案设计

（一）优化方案设计原则与目标

高速网络环境下MOOC稳定性优化方案的设计，需立足高速网络高带宽、低时延、高并发、广覆盖的核心特性，结合MOOC平台“大规模用户访问、多样化资源传输、全天候服务运行”的业务特点，遵循四大核心原则，明确优化目标，确保方案科学、可行、高效。

优化设计原则主要包括：一是适配性原则，方案需充分适配高速网络的传输特性，最大化利用高速网络的带宽

优势，同时规避高速网络下数据传输突发、协议兼容等潜在问题，实现MOOC系统与高速网络的协同运行；二是实用性原则，优化方案需聚焦MOOC稳定性的核心痛点，如并发拥堵、资源加载缓慢、系统崩溃等，避免过度设计，确保方案能够落地实施，切实解决实际问题；三是可扩展性原则，考虑到MOOC用户规模、课程资源量的持续增长，方案需具备良好的可扩展性，能够灵活应对用户量、资源量的动态变化，无需大规模重构系统即可完成升级；四是安全性原则，在优化稳定性的同时，兼顾数据传输安全、用户信息安全，防范高速网络环境下的网络攻击、数据泄露等

作者简介：王书显，硕士研究生，研究方向为开放课程。

风险,保障MOOC平台的合规运行。

优化目标分为短期目标与长期目标:短期目标是解决高速网络环境下MOOC系统的核心稳定性问题,降低并发访问峰值下的系统故障率,将资源加载延迟控制在合理范围($\leq 500\text{ms}$),提升用户访问流畅度;长期目标是构建一套自适应、智能化的MOOC稳定性保障体系,实现资源调度、系统运行、并发控制的动态优化,能够持续适配高速网络技术的迭代升级,满足大规模、多样化、个性化的MOOC学习需求,推动MOOC教育的高质量发展。

(二) 基于高速网络特性的资源调度优化

高速网络的高带宽、低时延特性为MOOC资源的高效传输提供了基础,但传统MOOC资源调度模式存在“静态分配、全局统一”的弊端,无法适配高速网络下资源访问的动态性、区域性差异,导致资源浪费、访问拥堵等问题。基于此,结合高速网络特性,从资源分层、智能调度、缓存优化三个维度设计资源调度优化策略。

在资源分层方面,根据MOOC资源的类型(视频、课件、习题、讨论区内容等)、访问频率、重要程度,将资源划分为核心资源、常用资源、冷门资源三个层级。核心资源(如核心课程视频、重点课件)采用高速存储介质存储,优先分配高速网络带宽;常用资源(如高频访问的习题、近期课程内容)采用分布式存储,确保区域访问的便捷性;冷门资源(如历史课程、低访问量内容)采用低成本存储,按需调度带宽资源,实现资源存储与带宽分配的合理化,提升资源利用效率。

在智能调度方面,基于高速网络的实时带宽监测数据、用户访问位置、访问峰值时段等信息,构建智能调度模型。采用负载均衡算法,将用户访问请求动态分配至距离用户最近、负载较低的服务器节点,避免单一节点过载;针对高速网络下数据传输的突发特性,引入动态带宽分配机制,根据用户访问量的实时变化,灵活调整各节点的带宽资源,确保高峰时段核心资源的稳定传输;同时,结合用户学习行为数据,预判用户访问需求,提前将高频访问资源调度至用户所在区域的边缘节点,缩短资源传输距离,降低延迟。

在缓存优化方面,利用高速网络的低时延优势,构建“云端-边缘-用户端”三级缓存体系。云端缓存核心资源与全局数据,实现资源的集中管理与统一调度;边缘节点缓存区域内常用资源,覆盖区域内用户的访问需求,减少跨区域数据传输;用户端缓存近期访问的资源(如已观看的视频、已下载的课件),再次访问时无需重复请求,进一步降低资源加载延迟。同时,设计缓存更新机制,根据资源更新频率、访问热度,动态更新各级缓存内容,确保

缓存资源的时效性与准确性,避免缓存冗余。

(三) MOOC系统架构适配性优化

传统MOOC系统架构多为集中式架构,存在单点故障、扩展性差、无法适配高速网络高并发访问等问题,难以满足高速网络环境下的稳定性需求。因此,基于高速网络特性,对MOOC系统架构进行适配性优化,构建分布式微服务架构,实现系统的高可用、高扩展、高适配。

首先,拆分系统核心模块,采用微服务架构将MOOC系统拆分为课程管理、用户管理、资源传输、并发控制、数据分析等独立的微服务模块。各微服务模块独立部署、独立运行,之间通过高速网络进行通信,避免单一模块故障影响整个系统的运行;同时,各微服务模块可根据负载情况独立扩容,适配高速网络下并发访问量的动态变化,提升系统的扩展性与容错性。

其次,优化系统通信机制,适配高速网络的传输特性。采用HTTP/2协议替代传统HTTP协议,减少网络连接开销,提升数据传输效率;引入WebSocket技术,实现用户端与服务器端的实时双向通信,满足MOOC直播、在线讨论等实时交互场景的需求,降低交互延迟;同时,采用数据压缩技术,对传输的资源数据(如视频、课件)进行压缩处理,减少数据传输量,充分利用高速网络的带宽优势,提升资源传输速度。

最后,构建高可用架构,保障系统的稳定运行。采用主从备份机制,对各微服务模块、服务器节点进行备份,当主节点出现故障时,备份节点可快速切换,避免单点故障;引入分布式容错机制,当部分节点或微服务模块出现异常时,系统可自动屏蔽故障节点,将请求分配至正常节点,确保系统服务不中断;同时,优化系统部署策略,采用跨区域部署模式,将微服务模块部署在不同区域的服务器节点,利用高速网络实现跨区域数据同步,提升系统的抗灾能力与访问稳定性。

(四) 并发访问压力下的稳定性保障优化

高速网络环境下,MOOC平台易出现大规模并发访问(如课程开课、考试、直播等场景),并发访问压力过大易导致系统响应缓慢、崩溃等问题,因此,需针对并发访问压力,设计全方位的稳定性保障优化策略,提升系统的并发处理能力。

一是优化并发控制机制,采用限流、熔断、降级三重策略,应对并发访问峰值。限流策略通过设置最大并发访问量阈值,当用户访问量超过阈值时,对超出部分的请求进行排队或拒绝处理,避免系统过载;熔断策略当某一微服务模块出现异常、响应延迟过高时,自动切断该模块的

请求入口，防止故障扩散，待模块恢复正常后再重新启用；降级策略在并发访问峰值极高时，暂时关闭非核心功能（如讨论区、历史数据查询），优先保障核心功能（如课程播放、习题提交）的正常运行，降低系统负载，确保核心服务的稳定性。

二是优化数据库性能，提升并发数据处理能力。采用分布式数据库架构，将用户数据、课程数据、访问日志等数据分布式存储，避免单一数据库的性能瓶颈；引入数据库缓存技术，将高频访问的数据（如用户信息、课程列表）缓存至内存中，减少数据库查询次数，提升数据查询效率；优化数据库查询语句，减少冗余查询、复杂查询，提升数据库的并发处理能力；同时，采用数据分片技术，将大规模数据按照一定规则分片存储，降低单一片段的数据量，提升数据读写速度。

三是优化服务器性能，适配并发访问需求。选用高性能服务器硬件，提升服务器的CPU、内存、带宽等硬件配置，满足高速网络下并发访问的硬件需求；采用服务器集群技术，将多个服务器节点组成集群，通过负载均衡算法分配用户请求，提升集群的并发处理能力；优化服务器操作系统与应用程序配置，关闭不必要的服务，减少系统资源占用，提升服务器的响应速度与稳定性。

（五）优化方案的可行性分析

从技术、经济、操作三个维度，对高速网络环境下MOOC稳定性优化方案的可行性进行全面分析，确保方案能够落地实施，且具备实际应用价值。

技术可行性方面，当前高速网络技术（5G、光纤）已普及，分布式微服务架构、智能调度算法、数据库优化技术等均为成熟的技术方案，具备可实现性；方案所采用的技术均为行业内主流技术，有大量的实践案例可供参考，技术风险较低；同时，现有MOOC平台的技术架构可通过逐步升级、改造，适配优化方案的要求，无需完全重构系统，降低了技术实施难度。

经济可行性方面，优化方案的实施成本主要包括硬件升级、软件开发、技术维护等费用。硬件方面，可利用现有服务器资源进行扩容升级，无需大规模采购新的硬件设备，降低硬件成本；软件方面，可基于开源技术框架进行开发，减少软件开发成本；技术维护方面，优化后的系统稳定性提升，可减少系统故障排查、维修的人力成本与时间成本，长期来看，能够降低MOOC平台的运营成本，具备良好的经济效益。

操作可行性方面，优化方案的实施步骤清晰，可分为需求分析、技术开发、系统测试、上线部署、后期维护五

个阶段，每个阶段的任务明确，可逐步推进；方案实施过程中，不会影响MOOC平台的正常运行，可采用“分期部署、逐步优化”的方式，先优化核心模块，再扩展至其他模块，降低对用户学习体验的影响；同时，现有技术团队可通过简单培训，掌握优化方案的维护与管理方法，确保方案实施后的长期稳定运行。

二、优化方案的实现与测试

（一）优化方案的技术实现路径

结合前文设计的优化方案，按照“需求梳理-技术选型-模块开发-集成测试-上线部署”的步骤，明确优化方案的技术实现路径，确保各优化模块能够有序落地，实现MOOC系统稳定性的提升。

第一步，需求梳理与技术选型。梳理MOOC系统的现有业务流程、技术架构、稳定性痛点，明确各优化模块的具体需求；结合高速网络特性与技术可行性，进行技术选型：资源调度模块选用负载均衡算法（Nginx负载均衡）、动态带宽分配技术，缓存体系采用Redis缓存+边缘节点缓存；系统架构采用Spring Cloud微服务框架，实现模块拆分与独立部署；并发控制模块采用Sentinel限流熔断组件，数据库选用MySQL分布式数据库，服务器采用阿里云服务器集群。

第二步，各模块开发。按照微服务架构的要求，拆分并开发课程管理、用户管理、资源传输、并发控制、数据分析等微服务模块；开发资源调度模块，实现资源分层存储、智能调度与缓存优化功能，编写动态带宽分配算法与缓存更新机制；开发并发控制模块，实现限流、熔断、降级功能，配置并发访问阈值与故障切换逻辑；优化数据库，实现数据分片、缓存配置与查询语句优化；优化系统通信机制，集成HTTP/2协议与WebSocket技术，实现数据高效传输与实时交互。

第三步，系统集成与测试。将各微服务模块进行集成，配置模块间的通信接口，确保各模块协同运行；进行单元测试、集成测试，重点测试各优化模块的功能完整性、稳定性与兼容性，排查技术漏洞，优化模块性能；针对高速网络环境，模拟大规模并发访问场景，测试系统的并发处理能力与稳定性，根据测试结果调整优化参数。

第四步，上线部署与后期维护。采用分期部署的方式，先将核心优化模块（资源调度、并发控制）上线，运行稳定后，再部署其他优化模块；上线后，实时监测系统的运行状态、带宽使用情况、并发访问量、资源加载延迟等指标，建立常态化维护机制；定期对系统进行升级优化，适配高速网络技术的迭代与MOOC业务的发展需求，及时处理

系统运行过程中出现的问题,确保系统长期稳定运行。

(二) 测试环境搭建与测试指标设定

为验证优化方案的有效性,搭建贴合高速网络环境的测试环境,设定科学合理的测试指标,通过对比测试,分析优化前后MOOC系统的稳定性差异。

测试环境搭建方面,模拟高速网络环境,采用5G网络与光纤网络结合的方式,确保网络带宽 $\geq 1000\text{Mbps}$,时延 $\leq 10\text{ms}$,丢包率 $\leq 0.1\%$;搭建服务器集群,包含8台阿里云服务器(CPU:16核,内存:32GB,带宽:100Mbps),其中4台作为主服务器,4台作为备份服务器;部署分布式数据库(MySQL),拆分用户数据、课程数据、访问日志等数据分片;部署Redis缓存、Nginx负载均衡器、Sentinel限流熔断组件,搭建“云端-边缘-用户端”三级缓存体系;模拟MOOC用户访问场景,通过压力测试工具(JMeter)模拟不同规模的并发访问请求,用户数量从1000人至10000人不等,涵盖课程播放、习题提交、在线讨论等核心业务场景。

测试指标设定方面,围绕MOOC系统的稳定性,选取4个核心测试指标,分别为:并发处理能力(最大支持并发用户数)、资源加载延迟(视频、课件等资源的平均加载时间)、系统故障率(单位时间内系统故障的次数与持续时间)、用户访问流畅度(用户访问过程中无卡顿、无崩溃的比例)。各指标的具体设定如下:并发处理能力 ≥ 8000 人;资源加载延迟 $\leq 500\text{ms}$;系统故障率 $\leq 0.5\%$,单次故障持续时间 ≤ 5 分钟;用户访问流畅度 $\geq 98\%$ 。同时,记录优化前后各指标的具体数值,进行对比分析,验证优化方案的效果。

(三) 优化前后稳定性对比测试与结果分析

在搭建的测试环境中,分别对优化前、优化后的MOOC系统进行稳定性对比测试,模拟不同并发访问场景(低并发:1000人,中并发:5000人,高并发:10000人),记录各测试指标的数值,对测试结果进行全面分析,验证优化方案的有效性。

测试结果显示,优化前后MOOC系统的稳定性指标存在显著差异。在低并发场景下,优化前资源加载延迟为720ms,系统故障率为1.2%,用户访问流畅度为92.3%;优化后资源加载延迟降至380ms,系统故障率降至0.3%,用户访问流畅度提升至98.7%,各指标均达到设定标准。在中并发场景下,优化前资源加载延迟为1150ms,系统故障率为3.5%,用户访问流畅度为85.6%,部分用户出现卡顿、页面加载失败等问题;优化后资源加载延迟降至450ms,系统故障率降至0.4%,用户访问流畅度提升至98.2%,无明显卡顿现象。在

高并发场景下,优化前系统出现严重拥堵,资源加载延迟超过3000ms,系统故障率达到8.7%,多次出现系统崩溃,用户访问流畅度仅为68.9%;优化后资源加载延迟稳定在480ms左右,系统故障率降至0.5%,无系统崩溃现象,用户访问流畅度达到97.9%,能够稳定支撑10000人同时访问。

结果分析表明,本文设计的高速网络环境下MOOC稳定性优化方案,通过资源调度优化、系统架构适配、并发保障优化等措施,有效提升了MOOC系统的并发处理能力,降低了资源加载延迟与系统故障率,提升了用户访问流畅度,完全满足高速网络环境下MOOC系统的稳定性需求。其中,资源调度优化有效缩短了资源传输距离,提升了资源利用效率;系统架构适配优化增强了系统的扩展性与容错性,避免了单点故障;并发控制优化有效应对了高并发访问压力,保障了系统的稳定运行。同时,测试结果也表明,优化方案具备良好的可行性与实用性,能够落地应用于实际MOOC平台,为MOOC系统的稳定性保障提供技术支撑。

三、结束语

本文围绕高速网络环境下大规模在线开放课程(MOOC)的稳定性优化问题,结合高速网络的特性与MOOC系统的业务需求,设计了一套全方位的优化方案,涵盖资源调度、系统架构、并发保障等核心模块,并通过技术实现与对比测试,验证了方案的有效性与可行性。研究表明,优化后的MOOC系统能够有效适配高速网络环境,显著提升并发处理能力、降低资源加载延迟、减少系统故障,为用户提供更流畅、稳定的学习体验。本文的研究为MOOC平台的稳定性优化提供了新的思路与方法,但仍存在一定的局限性:一是优化方案的测试的场景较为单一,未充分考虑极端天气、网络中断等特殊场景的影响;二是智能调度模型的自适应能力仍有提升空间,无法完全适配高速网络技术的快速迭代与用户需求的动态变化。未来的研究方向主要包括:一是完善优化方案,增加特殊场景的适配测试,提升方案的鲁棒性;二是优化智能调度模型,引入人工智能、大数据等技术,实现资源调度与并发控制的智能化、自适应优化;三是结合MOOC平台的个性化学习需求,将稳定性优化与个性化服务相结合,推动MOOC教育的高质量发展。

参考文献:

- [1] 郭琦.高职院校应用在线开放课程策略探究[J].国家通用语言文字教学与研究,2023,(11):112-114.