**重庆邮电大学《计算机网络》课程报告**

**2024-2025学年第 1 学期**

**题 目基于传输层关键技术网络性能优化研究**

**姓 名 侯炜**

**学 号 2022211786**

**专 业 计算机科学与技术**

**班 级 04012202**

**成 绩**

**2024年 12 月 22日**

# 基于传输层关键技术的网络性能优化研究

**摘 要：**传输层作为计算机网络的重要组成部分，主要负责端到端的数据传输可靠性与性能保障。本文重点探讨了传输层关键技术中的拥塞控制、可靠性传输协议以及多路径传输技术，分析了它们在网络中的作用、特点及实现方式，并针对当前技术在高并发、低延迟及稳定性等方面的局限提出了改进建议。

**关键词：**传输层、拥塞控制、可靠性传输、TCP优化、多路径传输

## 1引言

计算机网络的传输层作为OSI模型的重要一环，负责为应用层提供透明的、可靠的数据传输服务。它的核心功能包括端到端的流量控制、差错校验、拥塞控制以及数据传输的可靠性保障。近年来，随着云计算、大数据及5G技术的发展，网络流量呈指数级增长，传输层技术面临着更加复杂的网络环境及性能要求。为了适应现代网络需求，传输层技术的研究与优化成为学术界和工业界的重点方向。本文从拥塞控制、可靠性传输及多路径传输技术三个方面，对传输层的关键技术进行深入探讨。

## 2传输层关键技术分析

### 2.1 拥塞控制技术

#### 2.1.1作用与特点

拥塞控制是传输层的重要功能之一，用于避免网络中因数据包过多而导致的拥塞问题。其典型应用体现在TCP（传输控制协议）中。拥塞控制的主要作用是协调网络资源的分配，避免因过度竞争带来的链路堵塞，同时提高网络的整体吞吐量。传统的TCP拥塞控制算法（如Reno、NewReno、Cubic）依赖于丢包作为拥塞信号，并根据丢包率动态调整发送窗口。

#### 2.1.2实现原理

慢启动：发送方初始以较小的窗口发送数据，逐步增大发送速率，直至发生丢包或达到网络瓶颈。

拥塞避免：当接近网络瓶颈时，通过线性增长发送窗口来防止网络拥塞。

快速重传与快速恢复：在检测到数据包丢失时迅速减少发送窗口并重传丢失数据。

#### 2.1.3目前存在的问题

高带宽-时延网络的效率问题：传统拥塞控制算法在高带宽、长时延网络环境中无法充分利用链路资源。

链路波动对性能的影响：网络路径的抖动会导致算法误判拥塞情况。

公平性问题：不同流之间的资源分配可能出现不公平现象。

#### 2.1.4改进方向

针对上述问题，研究者提出了基于主动队列管理（AQM）的算法（如RED、ECN）以及基于机器学习的智能拥塞控制方法。Google的BBR算法通过模型化链路带宽和时延关系实现了更高的吞吐量与低延迟。

### 2.2 可靠性传输技术

#### 2.2.1作用与特点

可靠性是传输层的核心目标之一，尤其在TCP协议中体现得尤为明显。可靠性传输技术通过确认机制、超时重传等手段确保数据能够准确、完整地传递到目标端。可靠性传输技术主要解决丢包、乱序、重复包及数据损坏等问题，保障网络中数据传输的完整性和一致性。

#### 2.2.2实现方式

确认机制（ACK）：接收方对成功收到的数据包发送确认信号，发送方据此决定是否重传。

超时重传：发送方在超时时间内未收到ACK，将重新发送数据包。

滑动窗口：通过动态调整窗口大小，实现流量控制及发送方与接收方的协调。

#### 2.2.3目前存在的问题

高延迟环境中的效率降低：重传机制在高延迟网络环境中显著增加数据传输时间。

对大规模连接的适应性差：在高并发情况下，可靠性机制可能增加系统开销。

数据确认的冗余性：每个数据包都需确认会增加额外的网络负载。

#### 2.2.4优化方向

改进重传机制：通过选择性重传（Selective Repeat）减少不必要的数据重发。

ACK压缩：聚合多个ACK以减少额外开销。

协议创新：QUIC协议作为一种面向传输层的创新技术，通过基于UDP实现可靠传输，有效降低了延迟并提高了性能。

### 2.3 多路径传输技术

#### 2.3.1作用与特点

随着网络多样化和设备移动性的增强，多路径传输技术逐渐成为传输层研究的热点。该技术通过利用多个传输路径来提升网络的可靠性、带宽利用率及容错能力。多路径传输技术通过将数据流分散到多个路径上传输，实现更高的吞吐量和更强的抗失败能力。例如，MPTCP（多路径TCP）允许设备在Wi-Fi和蜂窝网络之间同时传输数据。

#### 2.3.2实现原理

路径发现与选择：发送方根据路径的延迟、带宽及可靠性选择最优路径。

数据分片与重组：将数据包分片并分配到不同路径上传输，接收方负责重组数据。

负载均衡：动态调整路径上的负载以优化整体性能。

#### 2.3.3目前存在的问题

路径间的时延差异：不同路径可能具有不同时延和带宽导致数据到达的顺序混乱。

路径切换的开销：移动设备在不同网络之间切换时会增加额外的延迟和能耗。

安全性问题：多路径传输可能引发更多的中间人攻击风险。

#### 2.3.4发展方向

智能路径选择：结合机器学习优化路径选择策略。

改进协议支持：对MPTCP进行扩展以适应更复杂的网络环境。

增强安全机制：通过加密及身份验证技术提高传输的安全性。

## 3综合分析与总结

传输层技术在计算机网络中占据着至关重要的地位，其性能直接影响到网络应用的质量和用户体验。通过对拥塞控制、可靠性传输及多路径传输技术的深入分析，我们可以了解到以下信息。

传输层技术是网络性能和可靠性的核心，其发展面临高延迟、高丢包环境的挑战。拥塞控制技术正从传统基于丢包的算法（如TCP Reno）向智能化方向发展，代表如Google BBR和AI驱动的动态调控技术，需在吞吐量、延迟与公平性间平衡。可靠性传输方面，QUIC协议和纠删码技术通过减少重传和优化握手显著提升效率，特别适用于流媒体和移动网络场景。多路径传输利用多链路提高带宽和容错能力，但需解决路径选择、分片策略优化及安全问题。未来，传输层技术将聚焦智能化、协议创新与场景适配，结合AI实现动态优化，同时重视安全性与公平性，以支持物联网、边缘计算和云服务等新兴场景的发展。

未来，随着人工智能与5G技术的进一步融合，传输层技术将继续向智能化、低延迟和高可靠方向发展。

### 参考文献

1. 胡伟, 张磊. 下一代网络传输技术与优化[M]. 北京: 清华大学出版社, 2021.  
   [2] 王强, 刘杰. 基于人工智能的传输层拥塞控制算法研究[J]. 通信技术, 2022,

55(12): 18-23.  
[3] 李明, 孙晓光. QUIC协议在流媒体传输中的应用分析[J]. 计算机工程与应用, 2020, 56(21): 145-150.  
[4] 张华, 王丽. 多路径传输技术的路径调度与优化研究[C]// 李健. 第十届全国网络与分布式系统学术会议论文集. 成都: 电子科技大学出版社, 2021: 78-85.  
[5] 陈海. 低延迟传输层协议优化研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2020.  
[6] 王鹏飞. QUIC协议: 应用与安全性研究进展[EB/OL]. 北京: 中国知网, 2023(12-01)[2024-12-20].