交换机 QoS 策略配置一致性检查系统研究

苟建国[1] 董昌智[1] 李琳琳[1]
GOU Jianguo DONG Changzhi LI Linlin

摘 要 随着互联网技术的迅猛发展，网络应用场景日益丰富多样，从传统的数据传输到实时的语音通话、高清视频会议以及在线游戏等，不同类型的网络应用对服务质量（quality of service, QoS）有着各异的要求。为了满足这些多样化的需求，在网络设备中配置多个 QoS 策略成为了常见的手段，通过这些策略可以针对不同的数据流提供差异化的服务，从而保障关键业务的性能和用户体验。然而，随着 QoS 条目的增多，策略的核对工作将变得愈加复杂、困难。为减轻网管人员的工作压力，文章对交换机 QoS 策略配置一致性检查系统进行了研究。首先，使用远程方式获得交换机的 QoS 配置；接着将基于复杂流的 QoS 配置利用正则表达式匹配转化为 QoS 策略表；然后，将用户输入的 QoS 需求列表与 QoS 策略表中的内容进行比对，即可得出检查结果；最后，将检查结果可视化呈现。通过该系统，将 QoS 策略检查时间大幅缩短，较大地提高了 QoS 策略检查效率。

关键词 QoS 策略；一致性；可视化

doi：10.3969/j.issn.1672-9528.2025.11.028

0 引言

网络中的通信数据由多种应用数据流组成，每个应用对网络服务器性能有不同的需求，如 FTP 数据下载希望拥有尽量多的带宽，而语音业务则希望网络延迟和抖动尽量少。网络中的 QoS（quality of service）[1-3] 分为三种模型：Best Effort 模型（尽力而为）、IntServ 模型（综合服务）、DiffServ 模型（区分服务），本文重点分析 DiffServ 模型 [4-5]（区分服务）。

网络中通过配置 QoS 来保证单条流的传输带宽 [6]，以此降低传输的时延、抖动、丢包率等。在使用过程中，通常先根据五元组对数据流进行分类，后定义不同的流行为，如限速、重标记优先级等，来处理数据流。

随着网络应用的持续增多，QoS 策略数量 [7] 也不断攀升，部分场景下甚至可达百余条，使 QoS 策略的一致性检查工作愈发繁琐。传统检查方法需运维人员登录交换机逐条比对 [8]，不仅效率低下，还容易因人工操作出现疏漏。针对这一问题，本文开展交换机 QoS 策略一致性检查研究，设计实现的检查系统支持导入用户 QoS 需求列表，能自动与交换机当前 QoS 配置进行比对，并以可视化形式输出比对结果，有效解决传统检查方式的痛点。

1. 中国人民解放军 63626 部队 甘肃酒泉 732750

1 QoS 介绍

区分服务模型主要由 4 个 QoS 组件组成，即流分类和标记、流量监管和整形、拥塞管理、拥塞避免，如图 1 所示。

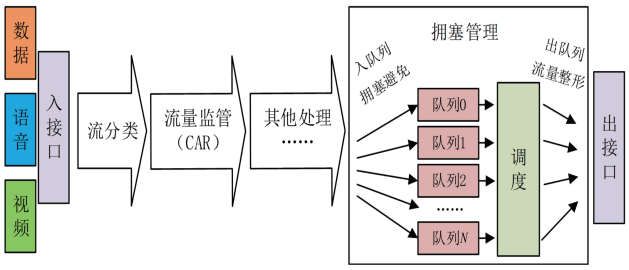
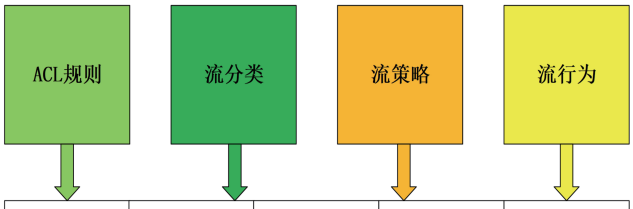


图 1 QoS 技术的处理流程

要实现差分服务，首先需要将数据包进行分类。在流分类中，常使用 ACL。ACL 包括基本 ACL、高级 ACL 等，可根据不同的应用需求进行灵活选择。通过匹配报文中的 IP 地址、协议号、端口号等字段，对网络中的数据流进行分类。对流进行分类后，执行流行为，如流量监管和整形、拥塞管理、拥塞避免等。

在 QoS 使用中，通过配置 ACL 规则，对网络中的流进行分类，定义不同的流行为来规定流的处理操作。流分类和流行为通过流策略逐一映射，使交换机上形成如图 2 所示的 QoS 策略表，通过该表为网络中的流提供差异化服务。



源地址	目的地址	端口号	DSCP优先级	限速/(kbit·s⁻¹)
192.168.1.1	192.168.2.1	8000	EF	256
192.168.1.2	192.168.2.2	8000	EF	128
192.168.1.3	192.168.2.3	9000	DE	128
192.168.1.5	192.168.2.4	9000	CS	2048

图 2 QoS 策略示意图

2 QoS 配置获取

在获取交换机配置时，支持 Telnet 和 SSH 两种连接方式，如图 3 所示。首先根据设备支持的管理方式选择连接模式，使用不同的库函数建立相应的会话连接；使用交换机命令 display current-configuration 获取交换机的配置信息，然后从读取通道中获取交换机配置的字符串数据。

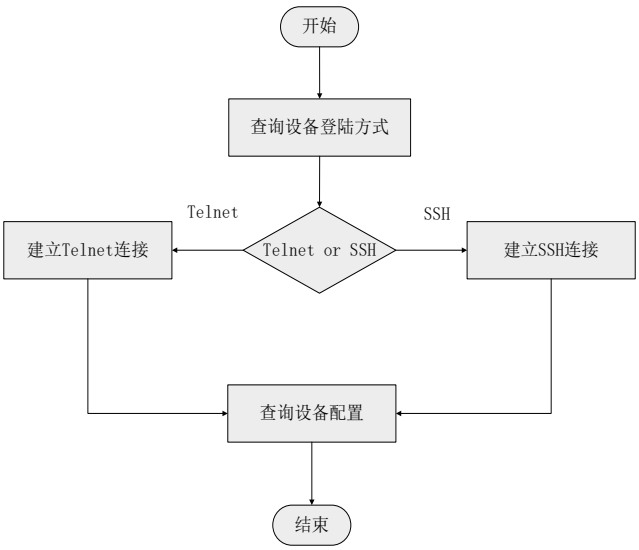


图 3 交换机远程连接建立

使用 display current-configuration 获取配置时，如果配置信息较长，无法在默认的 24 行输出限制下全部输出。为了一次性完整读出交换机的配置内容，需在交换机上配置 screen-length 0，即内容全部输出。在交换机上配置该命令后，使用 display current-configuration 命令查询交换机配置，交换机将输出完整的配置内容。

3 QoS 策略表的生成

3.1 QoS 对象的设计

本文定义了一个名为 BaseQoS 的类，用于表示服务质量配置。此类包含了一些属性，如源 IP 地址、目的 IP 地址、目的端口号、优先级、承诺信息速率（CIR），如图 4 所示。

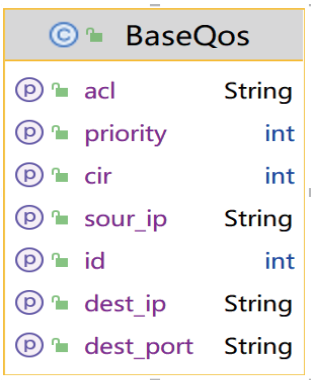


图 4 BaseQoS 类的设计

3.2 QoS 策略表生成

从配置信息中使用正则表达式提取 ACL、流分类、流行为等内容。构建数据结构来保存这些信息，包括：ACL 信息、流分类到 ACL 的映射关系、流行为的内容（含 DSCP 和 CIR），以及流分类到流行为的映射关系。

遍历提取的 ACL 信息，并为每个 ACL 创建一个 BaseQoS 对象。使用映射关系来确定每个 ACL 对应的流分类和流行为，为每个 BaseQoS 对象设置优先级和 CIR。

如图 5 所示，首先获取 QoS 策略的 ACL 规则，将 ACL 规则匹配正则表达式，提取出 QoS 策略表的源地址、目的地址、目的端口号。

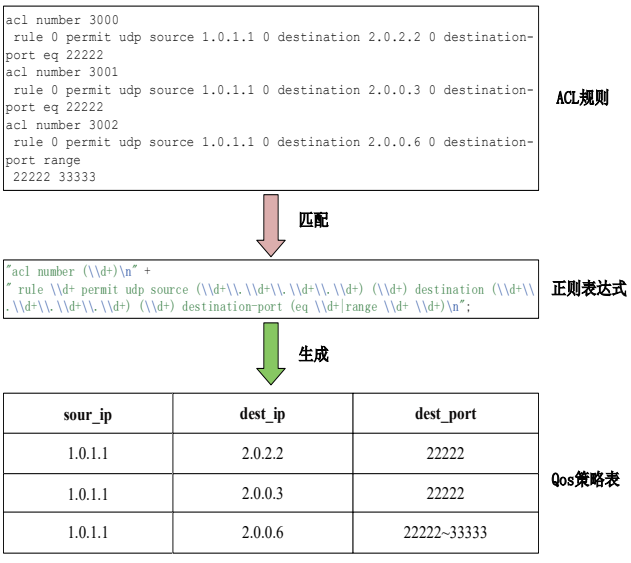


图 5 ACL 规则正则表达式匹配

接着将获取的流行为匹配正则表达式提取 QoS 策略表中的 DSCP 优先级和限速值 cir，如图 6 所示。然后根据定义的流策略将流行为和流分类进行关联映射，最终形成交换机配置的 QoS 策略表，如表 1 所示，后续将根据此表来查询 QoS 需求的配置情况。

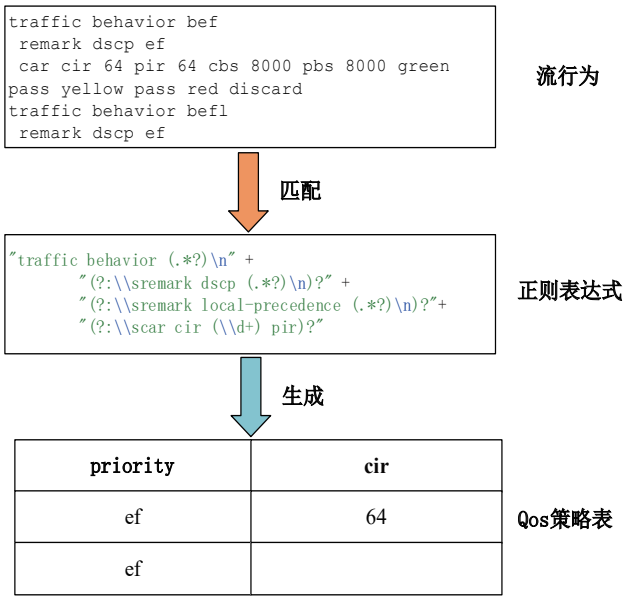


图 6 流行为正则表达式匹配

表 1 QoS 策略表

sour_ip	dest_ip	dest_port	priority	cir
1.0.1.1	2.0.2.2	22222	ef	64
1.0.1.1	2.0.0.3	22222	ef	64
1.0.1.1	2.0.0.6	22222~33333	ef	

4 QoS 策略的检查

4.1 策略检查

本节设计了 QoS 需求策略在网络交换机上验证的方法。该方法将一组预期的 QoS 策略（QoS_list）与实际配置在交换机上的策略（QoSList）进行比较。

首先初始化一个映射（pass_map），用来跟踪 QoS_list 中的每个策略是否已经成功验证。映射中的每个条目最初被设置为 false，表明相应的 QoS 策略尚未经过验证。

对于 QoS_list 中的每个 QoS 策略，遍历 QoSList 中的所有策略，比较两个策略的源 IP 地址和目的 IP 地址，检查目的端口号的一致性，验证优先级和带宽限制设置是否相同。

如果 QoS_list 中的一个策略与 QoSList 中的一个策略在所有上述属性上均匹配，则将 pass_map 中相应的条目更新为 true，表明该策略已被成功验证。一旦找到匹配项，就会终止针对当前策略在 QoS_list 中对 QoSList 的遍历，并继续处理下一个策略。

当验证过程完成后，pass_map 包含了 QoS_list 中所有策略的验证状态。这为后续步骤提供了关于哪些策略在交换机上正确配置的信息。如表 2 所示。

表 2 QoS 策略检查程序

程序 1	QoS 策略检查
输入	QoS_list，QoSList //QoS_list 为 QoS 策略检查需求列表，QoSList 为交换机中配置的 QoS 策略表。
输出	pass_map //QoS 检查结果返回
1	for(each QoS:QoS_list){ // 遍历 QoS 策略检查需求列表
2	pass_map.put(QoS,false); // 设置 QoS 缺省值为 false，表示不通过。
3	for(BaseQoS q:QoSList){ // 在交换机 QoS 策略表中对比查询

4	if(Objects.equals(q.getSour_ip(), QoS.getSour_ip())
	&Objects.equals(q.getDest_ip(), QoS.getDest_ip())
	&Objects.equals(q.getDest_port(), QoS.getDest_port())){
	// 判断源地址、目的地址、目的端口号是否相等

5	if(QoS.getPriority()==q.getPriority()&QoS.getCir()==q.getCir()){ // 判断 dscp 优先级、限速是否相等
6	pass_map.put(QoS,true); // 当判断 5 元组都通过后，设置 QoS 的 pass 值为 true，表示通过。
7	break;} // 跳出查询交换机 QoS 策略表的循环
8	}
9	return success(pass_map);

4.2 单条策略检查

单条输入要检查的 QoS 元素，包括源地址、目的地址、目的端口号、优先级和限速。如果有元素没有值，则不输入任何字符。输入的数据被封装为一个 QoS 对象，查询交换机配置生成的 QoS 策略表，即得到查询结果，如图 7 所示，该策略在交换机上已完成配置。

图 7 单条 QoS 检查结果

4.3 批量策略检查

批量检查 QoS 策略，需要先下载 Excel 模板，在模板中填写需要检查的 QoS 需求内容，然后上传此文件，系统会获取需要检查的 QoS 列表。依据此列表对比 QoS 策略表，即可得到检查结果，如图 8 所示。

图 8 批量 QoS 检查结果

可以看到，第 1 条 QoS 检查通过；第 2 条因 QoS 策略表中没有源地址为 1.0.1.2 的条目，故检查不通过；第 3 条因需求 QoS 策略中限速为 64，而交换机配置的策略表中没有该限速设置，故检查不通过。

5 总结

为了实现交换机 QoS 策略的快速核对，进行了交换机 QoS 策略配置一致性检查方法研究。实现了两种远程连接交换机方式，获取交换机 QoS 策略的配置信息。通过设计不同的正则表达式，匹配提取 QoS 策略中的源地址、目的地址、目的端口号、DSCP 优先级、限速等元素数据，构建并填充 QoS 策略表。将用户需要核对的 QoS 策略逐条或批量地输入系统，通过与 QoS 策略表内容进行比对，即可得到检查结果。结果以可视化的方式呈现给网管人员，能够直观、清晰地掌握 QoS 配置情况。

参考文献：

[1] 陈立家，周为，吴小红，等．面向云航海模拟器网络的 QoS 保障算法研究 [J]. 中国舰船研究 ,2024,19(S2):204-215.
[2] 叶舟宇，姜家文．基于 eNSP 的拥塞与 QoS 仿真实验设计与分析 [J]. 现代计算机 ,2024,30(21):175-178.
[3] 魏德宾，李婧，潘成胜．基于 SDN 的卫星网络端到端 QoS 类映射研究 [J]. 计算机仿真 ,2024,41(7):55-60.
[4] 李岩．面向软件定义移动自组织网络 QoS 的研究与仿真平台实现 [D]. 北京：北京邮电大学 ,2024.
[5] 王张煜．面向 QoS 需求的网络流量调度与整形方法研究 [D]. 南京：南京信息工程大学 ,2024.
[6] 王竞舟．云泛在场景下 QoS 保障与成本优化的流量调度研究 [D]. 合肥：中国科学技术大学 ,2024.
[7] 夏裕涛．确定性网络的多 QoS 路由算法研究 [D]. 杭州：浙江大学 ,2023.
[8] 褚开锋，邓大鹏，程吉．基于 Diffserv 的 QoS 策略在 IP 承载网的应用探析 [J]. 长江信息通信 ,2023,36(1):93-96.

【作者简介】

苟建国（1990—），男，甘肃白银人，硕士研究生，研究方向：计算机和通信网络。

（收稿日期：2025-04-08 修回日期：2025-10-27）

（上接第 118 页）

寻优迭代训练，在 $t+\Delta t = 2\sim3$ s 时间内即可完成特定类的数据分段异常流量检测，将其与测试用例的正常数据字符做出检测匹配，对于不同特征类型异常入侵数据流量的检测精度值达到 95.28%、检测漏报率为 0，均优于 CNN 卷积神经网络算法的迭代训练结果，具有良好的数据帧跟踪效率和检测准确率，可被用于不同场域下的异常流量访问检测控制操作。

5 结语

随着大数据及云计算技术的飞速发展，无线传感网络在国内被广泛用于智能交通系统、智能家居系统和农业生产监测等领域之中。为解决无线传感网络通信的异常流量入侵访问问题，提出基于 FWA-PSO 联合优化算法、PCA 主成分分析法的多模态融合技术，将其应用至海量异构节点通信的数据分段、特征降维之中，在滑动时间窗口作出异常数据流全局寻优检测、粒子群学习更新，为构建更加安全可靠、高效互联的网络环境奠定坚实基础。

参考文献：

[1] 苗长云，郭芮，李杰．基于节点剩余能量和位置的无线传感网络分簇方法 [J]. 天津工业大学学报 ,2023,42(2):61-66.
[2] 杨华，耿烜，孔宁．一种采用 Dueling-DDQN 算法的无线网络 MAC 协议 [J]. 北京邮电大学学报 ,2023,46(3):25-30.
[3] 邵瑞雪，田秀霞．智能电网中基于 MQTT 协议的 ABAC 访问控制方案 [J]. 计算机应用研究 ,2022,39(11):3436-3443.
[4] 应晨铎，伍益明，徐明，等．欺骗攻击下具备隐私保护的多智能体系统均值趋同控制 [J]. 自动化学报 ,2023,49(2):425-436.
[5] 王悦，贾新春，游秀，等 .DoS 攻击下基于多率采样的多智能体系统安全一致性 [J]. 控制理论与应用 , 2022, 39(10): 1890-1897.
[6] 张翊，王瑞杰，王远航，等．基于卷积神经网络的指挥控制专网 DDoS 检测方法 [J]. 舰船电子工程 ,2023,43(5):115-118.

【作者简介】

武少鹏（1986—），男，内蒙古呼和浩特人，本科，工程师，研究方向：密码通信。

（收稿日期：2025-04-21 修回日期：2025-11-11）