

基于 SDN 的承载网服务质量保障机制研究

吕云辉 岳树鹏 宋文东

普天信息工程设计服务有限公司

DOI: 10.12238/ems.v6i6.8046

[摘要] 本研究探讨了以 SDN (软件定义网络) 为基础的承载网服务质量 (QoS) 的保障策略。SDN 具有集中化控制, 灵活流量工程, 简化 QoS 管理, 加强可编程性以及改善故障恢复能力等特点, 使承载网服务质量得到显著改善。文章对 SDN 基本概念与工作原理, SDN 架构构成要素, SDN 在承载网中的实现途径与架构选择等问题进行了深入探讨, 并对当前 QoS 保障机制所面临的限制与挑战进行了分析, 并且对 SDN 技术是如何提高承载网服务质量, SDN 应用于 QoS 管理的优势及创新点, SDN 控制器及数据层之间的合作以达到 QoS 保障等问题进行了深入的分析。

[关键词] SDN; 软件定义网络; 承载网; 服务质量

Research on Service Quality Assurance Mechanism of Carrier Network Based on SDN

Lv Yunhui, Yue Shupeng, Song Wendong

Putian Information Engineering Design Service Co., Ltd

[Abstract] This study explores the quality of service (QoS) guarantee strategy for bearer networks based on SDN (Software Defined Network). SDN has the characteristics of centralized control, flexible traffic engineering, simplified QoS management, enhanced programmability, and improved fault recovery capability, which significantly improves the service quality of the carrier network. The article delves into the basic concepts and working principles of SDN, the constituent elements of SDN architecture, the implementation approach and architecture selection of SDN in carrier networks, and analyzes the limitations and challenges faced by current QoS guarantee mechanisms. It also delves into how SDN technology improves the service quality of carrier networks, the advantages and innovations of SDN application in QoS management, and the cooperation between SDN controllers and data layers to achieve QoS guarantee.

[Keywords] SDN; Software defined network; Carrier network; Service quality

引言

现代网络下, 承载网服务质量的保证是保证各类应用与服务能高效可靠地发挥作用的关键所在。传统网络因其控制平面与数据平面之间的密切耦合而很难灵活处理网络需求与流量的变化多端。伴随着实时应用与云服务的广泛推广, 已有 QoS 机制对复杂网络环境进行管理时面临着许多挑战, 例如配置的复杂性, 动态性不强, 可扩展性差以及安全性等。SDN 这一创新网络架构通过把控制平面从数据平面中分离出来, 对网络资源进行集中化管理及灵活调度, 在 QoS 管理优化方面显示出极大潜力。

一、SDN 基础与架构

(一) SDN 的基本概念和工作原理

SDN (软件定义网络) 是一种创新的网络架构范式, 旨在通过软件化和集中化的控制来管理和优化网络流量。该方法的核心思想是将网络的控制界面 (control plane) 和数据转

发界面 (data plane) 进行区分, 从而达到更为灵活和可编程的网络管理效果^[1]。在传统网络下, 路由器与交换机承担着既要处理数据包转发又要进行控制决策的任务, SDN 则是通过把控制逻辑聚焦在一个或者几个中心化控制器上, 使网络管理员能够用软件来定义网络行为而不依赖硬件静态配置。SDN 的操作机制是基于 OpenFlow 和其他开放协议的, 通过与数据平面设备的互动, 控制器能够动态地为流量转发路径和策略提供指导。

(二) SDN 架构的组成部分

SDN 架构的核心组成部分包括控制层 (Control Layer)、数据层 (Data Layer) 和应用层 (Application Layer)。在 SDN 中, 控制层负责网络策略和管理决策的制定, 通常由一个或多个控制器组成, 这些控制器通过开放的接口与数据层设备通信。数据层是由网络内的交换机、路由器以及其他数据转发设备所组成, 主要负责处理和转发实际的数据包^[2]。

控制层通过与数据层的接口(如 OpenFlow 协议)向数据平面设备下发流表规则,以控制数据包的转发路径和处理逻辑。应用层是基于控制层构建的,它通过 SDN 控制器为用户提供各种网络相关的服务和应用,例如网络的实时监控、安全策略的执行以及流量管理等。这种 SDN 架构下的分层设计使网络管理与服务功能达到更高的灵活性与可编程性,以更好的适应不同应用与业务对于网络性能,安全性与管理等方面的要求。

(三) 承载网中 SDN 的实施方式和架构选择

承载网 SDN 的实现涉及各种途径及架构选择等问题,这些问题依赖于网的大小,要求及现有设施。部分 SDN(Partial SDN)是一种普遍的实施策略,它仅在特定的网络区或某些网络设备上部署由 SDN 控制器和 OpenFlow 协议支持的设备。该方法在维护原有网络基础设施前提下逐渐引入 SDN 灵活性、管理优势明显等特点^[3]。全面 SDN(Full SDN)是另一种更为深入的执行策略,它意味着所有的网络设备都支持 SDN 协议,并确保数据平面与控制平面能够完全独立。全面 SDN 应用在新组建网络或可大规模提升网络环境中,可最大限度地发挥网络管理与配置灵活性。此外,SDN 还采用集中式控制器架构或分布式控制器架构,集中式控制器架构通常用于较小规模的网络,而分布式控制器架构则更适用于大规模和高可用性要求的网络。在 SDN 的实现方式与架构的选择上,必须考虑到网络复杂性,性能需求,安全性及成本效益,才能最大限度地发挥 SDN 技术给管理带来的优势,提高服务质量。

二、承载网服务质量(QoS)基础

(一) 定义和分类承载网服务质量

承载网的服务质量(QoS)被视为评估网络表现和服务质量的关键标准,它确保了数据传输的稳定性、延时、不稳定性以及带宽的有效管理。QoS 被定义为由一系列技术与政策组成,其目的是优化利用网络资源,从而满足各种应用与用户的服务质量要求。QoS 一般是按它所提供服务的种类及保障级别来划分。从服务类型上来看,QoS 划分为数据业务,语音业务以及视频业务等等不同的范畴,每一类业务对于延迟,带宽以及抖动都有不同的要求。从保障的级别来看,QoS 被划分为两大类:保障型 QoS 和最大化 QoS。保障型 QoS 的核心目标是为关键业务提供精确的性能保证,确保实时的语音和视频传输^[4]。并且最大化 QoS 通过对资源的最大化利用提高了整个网络的性能,非常适合非关键业务以及数据传输。

(二) QoS 在网络性能管理中的重要性和应用场景

在网络性能管理领域,QoS(服务质量)起到了不可或缺的作用,尤其是在当前高度互联和多元化的网络环境下。QoS 对网络资源进行有效管理与优化配置,以保证不同的应用与服务能根据自身需要得到合适的服务水平,进而提高用户体验与满意。一是 QoS 在实时应用领域扮演着至关重要的角色。如实时视频会议,网络电话,在线游戏等等应用,对于网络延迟,带宽的要求都是极其敏感的。利用 QoS 机制使网络管理员能够优先保障这些实时应用数据包的传输并降低延迟与

抖动,以保障用户互动与交流时的顺畅体验。二是在企业网络环境中,QoS 的运用显得尤为重要。企业往往依靠网络支持关键业务的操作,例如电子邮件,文件传输和数据备份。通过对 QoS 进行带宽控制以及优先级排队等操作,管理员能够保证在网络拥塞的情况下仍然能够优先发送这类业务,以免由于网络负载过大而影响到业务运行效率。另外,QoS 在云计算,数据中心网络等领域也扮演着重要的角色^[5]。云服务供应商有责任确保各类服务的高质量,包括基础设施即服务(IaaS)、平台即服务(PaaS)以及软件即服务(SaaS),以便能够根据用户的具体需求提供稳健和可信赖的性能表现。

(三) 现有 QoS 保障机制的局限性和挑战

既有 QoS(服务质量)保障机制对改善网络性能、改善用户体验等有显著进步,但是也存在若干重要局限与挑战。一是传统的 QoS 机制往往依赖于静态的配置和预先设定的策略,这使得它难以适应现代网络中不断变化和变化的流量模式。随着实时应用(比如视频会议、在线游戏等)和大数据传输的增加,网络流量的波动性和不可预测性显著增加,传统 QoS 策略无法实时调整以适应这些变化,导致服务质量波动或下降。二是 QoS 机制所带来的复杂性和管理上的困难构成了一个突出的挑战。配置与维护 QoS 策略一般要求对网络拓扑结构及应用需求有较深了解,并且涉及到多种设备与厂商不同的配置界面,这些都会加大部署与运行的复杂程度。特别在企业、数据中心网络等大范围的网络环境下,管理人员要耗费大量的时间与资源对 QoS 的设置进行调整与优化。此外,跨厂商设备间 QoS 互操作性也是重要限制。不同厂家网络设备在 QoS 执行过程中会使用不同方式与协议,这就带来了跨设备 QoS 策略一致性与统一管理难题。

三、基于SDN的QoS保障机制设计

(一) SDN 技术如何提升承载网的服务质量

SDN(软件定义网络)技术在提高承载网的服务质量(QoS)上展现出了明显的优越性。一是 SDN 利用集中式的控制界面来达到对网络资源的全面管理和优化。传统网络的控制平面散布于各网络设备之中,很难对流量进行统一的管理与优化。SDN 中的控制器对网络进行集中管理,对网络状态及流量情况进行实时监测,并对资源分配及流量路径进行动态调整,从而有效地减少了拥塞现象,提高了整体服务质量及网络性能。二是 SDN 为管理员提供了一种灵活的流量工程解决方案,根据应用的具体需求来设定各种不同的 QoS 策略。利用 SDN 控制器,能够精确地控制各种流量类型,例如优先级排序、流量调整和带宽保护,确保关键业务的实时视频和语音通信得到优先处理,从而确保其具有低延迟和高可靠性。另外,SDN 使 QoS 策略在部署与管理方面得到简化。传统的网络,QoS 策略要求在每台设备上都要进行独立的分配,既烦琐又容易出错。SDN 采用集中控制与开放接口相结合的方式实现统一 QoS 策略安排与自动化部署,以提高配置效率与管理精度并能快速响应流量变化与新服务需求。SDN 同时提高了网络可编程性、可扩展性、支持自定义应用开发及网络

功能扩展等。通过开放接口、标准化协议等方式, 管理员针对具体要求制定定制化 QoS 应用以达到更加精细、更加具体的服务质量保证, 不断优化网络性能。最后 SDN 增强了网络

故障恢复能力, 提高了服务可用性。采用全局视图与集中化控制相结合的方式, SDN 实现故障路径的快速发现与自动切换, 确保了业务的连续性与稳定性, 改善了用户体验。

表1 SDN 在提升承载网服务质量中的关键优势

优势	描述
集中化的控制平面	SDN 通过集中控制器实现全局网络资源管理和优化, 监控网络状态和流量情况, 动态调整资源分配和流量路径, 有效降低拥塞, 提升服务质量和网络性能。
灵活的流量工程能力	SDN 控制器允许管理员根据应用需求设置不同的 QoS 策略, 如优先级排队、流量整形和带宽保障, 确保关键业务如实时视频和语音通信的低延迟和高可靠性。
简化的 QoS 策略部署和管理	SDN 通过集中控制和开放接口实现统一的 QoS 策略编排和自动化部署, 提高配置效率和管理精度, 快速应对流量变化和新服务需求。
增强的可编程性和可扩展性	SDN 支持自定义应用的开发和网络功能扩展, 管理员能够根据需求开发定制化的 QoS 应用, 持续优化网络性能。
提升故障恢复能力和服务可用性	SDN 通过全局视图和集中化控制, 快速检测并自动切换故障路径, 保证服务连续性和稳定性, 提升用户体验。

(二) SDN 在 QoS 管理中的优势和创新点

SDN (软件定义网络) 在 QoS (服务质量) 管理方面展示了明显的优越性和创新性。一是集中化的控制平面被认为是其主要的优点之一。传统的网络, QoS 管理散布于各个设备之中, 很难达到全局优化的目的。SDN 采用集中控制器对网络进行统一管理, 对网络状态进行实时监测, QoS 策略进行动态调整, 以保证关键业务优先级以及资源分配。集中化控制使流量管理更加精细, 更加及时。二是 SDN 的可编程特性为 QoS 管理带来了更为灵活和个性化的选择。控制器通过开放的北向接口 (如 REST API) 与应用层交互, 使管理员根据具体业务需求开发自定义的 QoS 应用。这一灵活性使 SDN 能迅速适应新业务、新服务对 QoS 的要求, 并提供个性化、动态化的服务质量保证。SDN 应用于 QoS 管理的又一个创新之处在于它具有流量工程能力。该控制器可根据实时网络状况及预设策略实现不同种类流量的优先级排序, 带宽分配及路径优化等功能, 从而避免网络拥塞及资源浪费。该能力在保证高优先级业务服务质量的同时也提高了整个网络的性能。SDN 提高网络可视性与可管理性。通过集中控制与管理工具 SDN 为网络流量与性能提供全局视图使得管理员实时掌握网络状态与 QoS 指标。直观的管理界面、详尽的流量分析报告, 有助于管理员迅速识别并求解 QoS, 提高网络运营效率与可靠性。最后 SDN 所具有的自动化, 智能化等特点, 也是它对 QoS 管理的一个重要革新。应用机器学习与人工智能技术, SDN 能够自动调整与优化智能 QoS 策略。

(三) SDN 控制器与数据层的协作实现 QoS 保障

SDN (软件定义网络) 控制器与数据层之间的合作是确保 QoS (服务质量) 的核心要素。SDN 控制器对网络资源进行集中管理与动态调度, 以保证不同流量类型得到合适的服务质量。一是控制器通过南向接口 (如 OpenFlow) 与数据层设备通信, 实时收集网络状态信息, 如链路利用率和延迟。控制器依此对 QoS 策略进行动态的调整, 例如重算流量路径来避免拥塞。二是在数据层设备中, 执行控制器发布的 QoS 策略,

例如流量的分类、优先级的排序以及带宽的限制, 都是为了为不同的流量提供差异化的服务。比如高优先级指派低延迟队列、低优先级确保资源的合理使用等。另外 SDN 控制器还采用预定义的策略, 结合机器学习算法, 对 QoS 进行自动调节, 例如对网络流量模式进行预测, 对关键业务的质量进行重点保障等。SDN 集中化控制和智能化管理相比于传统的网络静态配置更加灵活, 能够动态地响应不断变化的网络需求, 改善服务质量, 提升网络运营效率。

结论

以 SDN 技术保障承载网 QoS 为研究对象, 表明 SDN 对于提高网络服务质量具有显著优越性。SDN 以集中化控制平面进行全局优化与动态调整、柔性流量工程能力提升网络资源使用效率、精简 QoS 策略管理与自动化能力强化网络管理便捷性与精确性。同时 SDN 控制器和数据层之间的协作机制通过实时监控、智能调整等手段来达到高效服务质量保障的目的。尽管现有 QoS 机制在复杂性、动态性、可扩展性和安全性方面存在诸多局限, SDN 技术提供了有效的解决方案, 它适应现代网络中复杂多样的业务要求, 显著提高网络整体性能及可靠性。

[参考文献]

- [1] 白扬. 基于 SDN 技术的 IP+光网络大数据通信网络架构研究[J]. 通信电源技术, 2023, 40 (6): 147-149.
- [2] 张洪湜, 王新宽, 谢敏. 基于 SDN 流量智能调度方案研究[J]. 江苏通信, 2022, 38 (5): 56-59.
- [3] 徐媚琳, 贾敏, 郭庆. 基于 SDN/NFV 的卫星互联网服务功能资源分配研究[J]. 天地一体化信息网络, 2022, 3(1): 6.
- [4] 刘远高, 刘春林. 运营商 IP 承载网中的 SDN 技术研究[J]. 通信电源技术, 2022, 39 (7): 79-81.
- [5] 周菲, 李昭桦. 基于流量分类的 SDN 网络服务质量保障研究[J]. 广东技术师范学院学报 (社会科学版), 2020, 41 (003): 33-39.