

mpquic 双通道加速系统在网络游戏行业的应用与探索

Application and Exploration of mpquic Dual Channel Acceleration System in Online Game Industry

韩肆威,岳红强,赵斌,周倩(中国联通网络运营事业部,北京100048)

Han Siwei, Yue Hongqiang, Zhao Bin, Zhou Qian (China Unicom Network Operations Division, Beijing 100048, China)

摘要:

大量游戏玩家接入带来的高并发是引起相关网络问题的一个重要原因。提出了通过 MEC 上的云化网关来提供高带宽,采用 mpquic 双通道加速系统集群内扩展和集群间扩展相结合的方法来进行网络加速和解决高并发问题。在 MEC 部署多个 mpquic 网关集群可以完成集群间扩展。在用户使用 SDK 开始加速时,按照就近原则和轻负荷原则,为用户选择合适的边缘侧 mpquic 网关集群。该方法能有效解决网络时延问题和高并发访问的问题。

关键词:

mpquic 双通道; MEC; 负载均衡; 高并发

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.04.014

文章编号:1007-3043(2025)04-0071-06

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The high concurrency problem caused by a large number of game players joining is one of the reasons for related network problems. A method is proposed to provide high bandwidth through a cloud gateway on MEC, and to accelerate the network and solve high concurrency problems by a combination of mpquic dual channel acceleration system cluster expansion and inter cluster expansion. Deploying multiple mpquic gateway clusters in MEC can achieve inter cluster expansion. When users start accelerating using the SDK, the system can choose the appropriate edge side mpquic gateway cluster for them according to the principles of proximity and light load. This method can effectively solve the problems of network latency and high concurrency access.

Keywords:

mpquic dual channel acceleration gateway; MEC; Load balance; High concurrency

引用格式:韩肆威,岳红强,赵斌,等. mpquic 双通道加速系统在网络游戏行业的应用与探索[J]. 邮电设计技术,2025(4):71-76.

0 引言

为了提升手机上网的网络稳定性及带宽,越来越多的用户选择 mpquic 双通道加速系统(采用 mpquic 多路传输技术,将蜂窝和 Wi-Fi 2 张网的传输能力充分利用起来,解决了蜂窝和 Wi-Fi 空口段的传输瓶颈问题,是促进整体传输带宽能力提升和时延降低的一套网络分布式加速系统)^[1-2]。和其他的互联网分布式系统一样,当使用 mpquic 双通道加速系统的用户增多时,就会产生高并发问题。采用垂直扩展(Scale Up)

和水平扩展(Scale Out)是提高互联网分布式系统并发能力的常用方法,垂直扩展从提升单机处理能力进行扩展,水平扩展则从增加单机数量层面进行扩展。在实际应用中,单机处理能力的提升总是有上限的,解决高并发主要靠水平扩展。对于互联网分布式系统而言,单纯增加微服务 Pod 单机数量并不一定会带来并发能力的线性增加,因为这些微服务 Pod 都需要操作数据库/分布式缓存中的共享变量,可能会涉及到分布式锁等问题。而对于 mpquic 网关(采用 mpquic 多路传输技术构建的网关,作用是 SDK 建立蜂窝和 Wi-Fi 双通道连接,接收这 2 个关联连接的链路流量,恢复 SDK 发送的原始数据包内容,并将数据包转发到互联

收稿日期:2025-02-19

网源站)而言,每个 mpquic 网关都是无状态且独立的,且不涉及操作共享变量等问题,因此增加 mpquic 网关会带来并发能力的线性提升。

本文从水平扩展入手,提升 mpquic 双通道加速系统的并发能力,提出一种采用集群内扩展和集群间扩展相结合的方法。采取 2 种措施实现集群内扩展:一是利用 Quic LB(mpquic 负载均衡系统)实现对 mpquic 网关的水平扩展;二是采用在 MEC 云化网关(云化网关是 MEC 的重要组件,可以对流量进行负载均衡,该组件基于 VPP+Dpdk 架构设计,可以充分发挥底层网卡的通信能力,以达到高性能流量转发的目的)上配置负载均衡的方式实现对 Quic LB 的水平扩展,对外只暴露一个访问 IP 地址。在 MEC 上部署多个 mpquic 网关集群可以完成集群间扩展,在用户使用 SDK 开始加速时,按照就近原则和轻负荷原则,为用户选择合适的边缘侧 mpquic 网关集群。该方法能有效解决网络时延问题和高并发访问的问题,在实际应用中效果良好。

1 mpquic 双通道加速系统的整体架构

mpquic 双通道加速系统的整体架构如图 1 所示。整个加速系统由 3 个部分组成。

a) 加速 SDK。加速 SDK 安装在用户手机终端上,SDK 与 mpquic 网关建立 Wi-Fi+蜂窝传输链路。Android 手机通过 VpnService,苹果手机通过 Network Extension 将用户业务流量导入 Wi-Fi+蜂窝传输链路,再传送到 mpquic 网关。

b) mpquic 网关集群。mpquic 网关集群在各省市的 MEC 上部署,包括以下 3 个部分。

(a) mpquic 负载均衡系统(Quic LB)。一方面,单

个 mpquic 网关的带宽是有限的。如 2C4G 的 mpquic 网关提供的带宽上限约为 1 Gbit/s,需要 Quic LB 实现 mpquic 网关的水平扩展,以支持更大的流量带宽,对外仅保留一个公网 IP 地址;另一方面,同一个用户手机终端的 SDK 与 mpquic 网关之间建立了蜂窝和 Wi-Fi 2 个连接,也需要 Quic LB 将这 2 个关联连接的链路流量都转发到同一个 mpquic 网关。

(b) mpquic 网关群。mpquic 网关群由若干个 mpquic 网关组成,以实现流量带宽的水平扩展。mpquic 网关与 SDK 建立蜂窝和 Wi-Fi 双通道连接,每个网关接收这 2 个关联连接的链路流量,恢复 SDK 发送的原始数据包内容,并将数据包转发到互联网源站。

(c) 网关操作管理中心(OMC)。OMC 对边缘侧 mpquic 网关进行管理,OMC 与每一个 mpquic 网关都建立 Socket 连接,对 mpquic 网关进行参数配置和性能监控。同时 OMC 与网关控制器建立连接,上报 mpquic 网关和自身的状态信息,接收网关控制器的控制指令。

c) 网关控制器。网关控制器是 mpquic 加速会话的调度中心和 mpquic 网关集中化管理平台。在开始加速时,网关控制器接收 SDK 发起的加速申请,根据用户的位置和 mpquic 网关集群的负荷情况,为用户选择合适的 mpquic 网关集群地址并返回给 SDK。同时网关控制器负责调度运营商的网络加速能力,进行移网 QoS 和 Wi-Fi 加速。

2 mpquic 双通道加速系统的高并发解决方案

高并发是互联网分布式系统架构设计中必须考虑的因素之一,高并发是指通过设计保证系统能够同

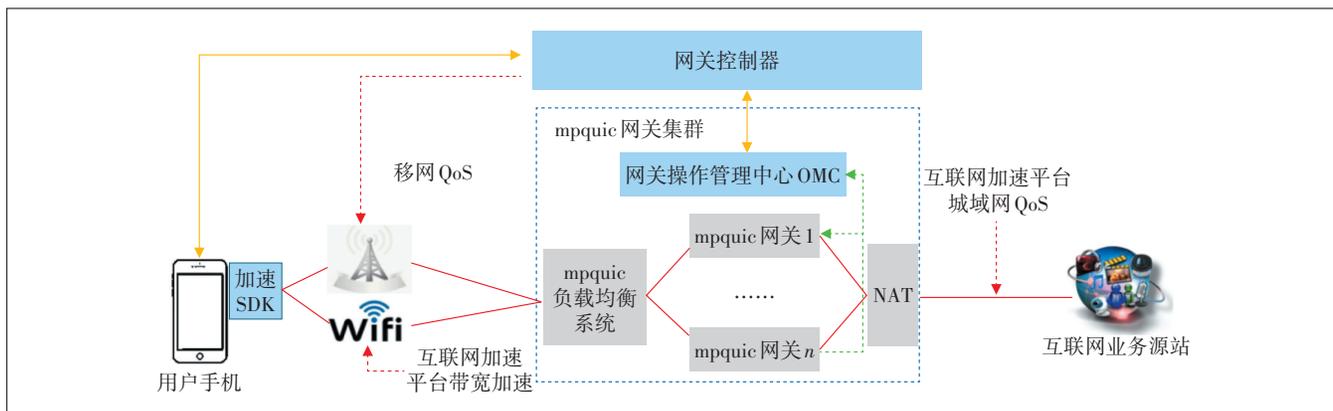


图 1 mpquic 双通道加速系统的整体架构

时并行处理大量请求。对于 mpquic 双通道加速系统,高并发就是要保证加速系统能够应对大量 SDK 用户的在同一时刻发出的加速请求。互联网分布式架构设计提高并发能力主要有垂直扩展和水平扩展 2 种方式。

2.1 垂直扩展

垂直扩展是指从提升单机处理能力层面进行的扩展。垂直扩展又有如下 2 种方式。

a) 从单机硬件性能层面扩展。提升单个 mpquic 网关的 CPU 核数和内存容量,比如从 2C4G 扩展到 4C8G,达到提升单个 mpquic 网关流量带宽上限的目的。

b) 从提升单机架构性能层面扩展。采用新的架构和新的技术手段,比如采用 GRO/GSO 等技术手段,减少内核态到用户态数据的拷贝频次,达到提升单个 mpquic 网关性能的目的。

这 2 种方式都可以提升单机处理能力,但是单机性能总是有上限的。解决高并发问题主要还是靠水平扩展。

2.2 水平扩展

水平扩展就是采用增加 mpquic 网关数量的方式,提升整体并发性能。本文提出采用集群内扩展和集群间扩展相结合的方法。集群内扩展就是在同一集群内增加 mpquic 网关的数量,集群间扩展就是增加边缘侧 mpquic 网关集群的数量。

就水平扩展而言,mpquic 网关集群和互联网分布式系统既有相似之处,也有不同之处。互联网分布式系统中一般采用增加微服务 Pod 数量进行水平扩展,但增加微服务 Pod 数量并不一定带来整体并发性能的线性增加,而增加 mpquic 网关的数量却可以实现。这是因为互联网分布式系统的微服务大多都需要操作数据库/分布式缓存,操作数据库/分布式缓存属于 IO

操作,本身存在性能瓶颈。当涉及到多个微服务 Pod 需要同时操作数据库/分布式缓存中的共享变量时,如:网上购物平台中的秒杀或抢优惠券活动,多个微服务 Pod 都需要访问秒杀商品库存或优惠券库存等共享变量,需要引入分布式锁等才能解决高并发带来的数据访问冲突问题,因此单纯增加微服务 Pod 数量并不一定带来整体并发性能的线性增加。而 mpquic 网关集群中每个 mpquic 网关都是独立且无状态的,单个 mpquic 网关不涉及访问数据库/分布式缓存共享变量等问题,因此增加 mpquic 网关数量可以带来并发性能的线性增加。

因此,本文把水平扩展作为解决 mpquic 网关高并发问题的主要方式,从 mpquic 网关集群内水平扩展和 mpquic 网关集群间扩展与调度 2 个维度进行解决。

3 mpquic 网关集群内水平扩展

3.1 利用 Quic LB 实现对 mpquic 网关的水平扩展

图 2 给出了利用 Quic LB 实现对 mpquic 网关的水平扩展示意。

Quic LB 是一个 4 层的负载均衡器,Quic LB 需要识别 Quic 报文,提取报文中的 Connection ID(以下简称“CID”),并根据 CID 进行分流和负载均衡,Quic 报文格式如图 3 所示。

CID 由 SDK 随机产生,用来标识一个连接,之所以使用 CID 而不使用四元组标识,是因为即使四元组中的 IP 地址或者端口发生了变化,只要 CID 不变,这条连接依旧可以维持,上层业务逻辑感知不到变化,不会中断,也不需要重连。

Quic LB 根据 mpquic 报文中的 CID 实现分流,将同一 CID 的 mpquic 报文根据一致性 Hash 算法,分流到同一 mpquic 网关。一个 SDK 与 mpquic 网关建立的蜂窝和 Wi-Fi 2 条关联链路,其发送的 mpquic 报文的

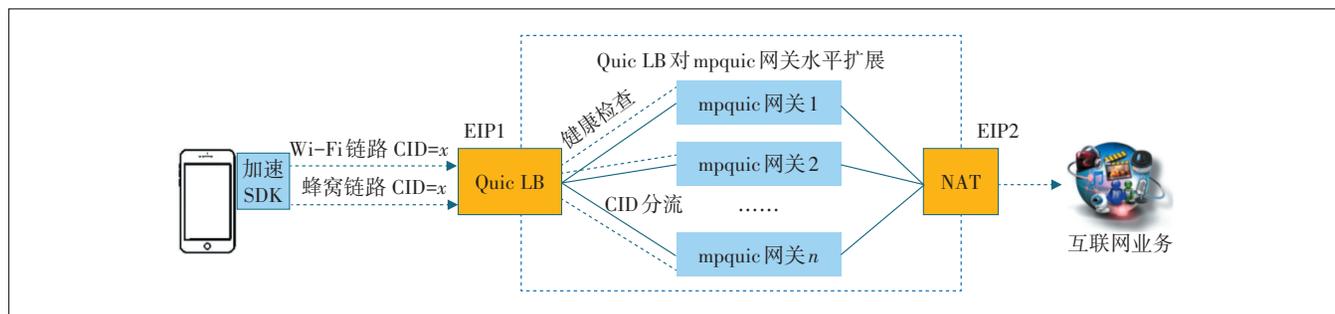


图 2 Quic LB 实现对 mpquic 网关的水平扩展

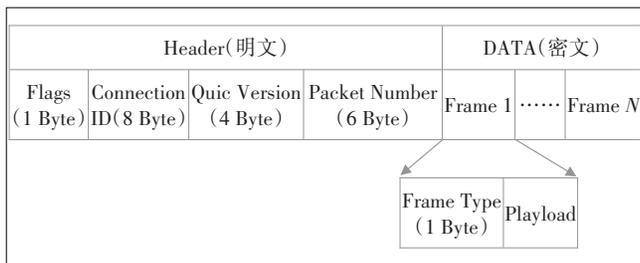


图3 Quic 报文格式

CID 是一样的,通过 Quic LB 后,会被分流到同一个 mpquic 网关。同时,Quic LB 支持检查加速节点的健康状态,当加速节点失效后,可以将流量迁移到其他有效的 mpquic 网关进行加速。

3.2 利用 MEC 的云化网关配置负载均衡实现 Quic LB 水平扩展

云化网关是部署在 MEC 上的一个基于 VPP+Dpdk 架构设计的支持负载均衡的高性能网关,对 Quic LB 进行水平扩展^[3]。mpquic 双通道加速系统部署在 MEC 上的优势在于:MEC 部署在边缘侧相比传统公有云更靠近用户,数据在处理时不需要绕行到中心云而在靠近用户的 MEC 上进行处理,可以减少链路的绕行和中间设备的策略控制带来的网络时延,同时 MEC 上的云化网关通过 Dpdk 技术纳管服务器 2 张或者多张物理网卡,并做 Bond4 聚合提高网络带宽和性能,经过测

试,在大包情况下云化网关的性能可以达到网络线速,MEC 的云化网关这里不会有性能瓶颈,在云化网关上开启负载均衡功能实现 Quic LB 水平扩展,这样的组网方式,使得网络整体不会有带宽和性能瓶颈,从而能够解决网络带宽的问题,进一步通过 mpquic 网关来解决高并发问题。MEC 云化网关业务流量走向如图 4 所示。

以云化网关纳管 10G 网卡为例来做性能测试,当包大小达到 512 B 到 1 518 B 时,网络流量可以达到线速(见表 1)。

单个 Quic LB 的处理带宽也是有限的,当实际并发访问带宽流量超过 Quic LB 的带宽上限时,依然会产生流量瓶颈问题。如果通过水平扩展多个 Quic LB,每个 Quic LB 配有独立的公网 IP 提供服务,又会引发需要对外暴露多个公网 IP 的问题。

本文提出利用 MEC 上的云化网关配置负载均衡对 Quic LB 水平扩展,根据实际业务需要放置 N 个 Quic LB,构成 Quic LB 集群。Quic LB 集群部署在云化网关之后。在云化网关上设置 N 条从云化网关到单个 Quic LB 的等价路由,只需要云化网关对外暴露一个公网 IP,就可以实现入口带宽流量的横向扩展,达到 N 倍单个 Quic LB 流量上限的效果。具体结构如图 5 所示,主要包括如下 2 个部分。

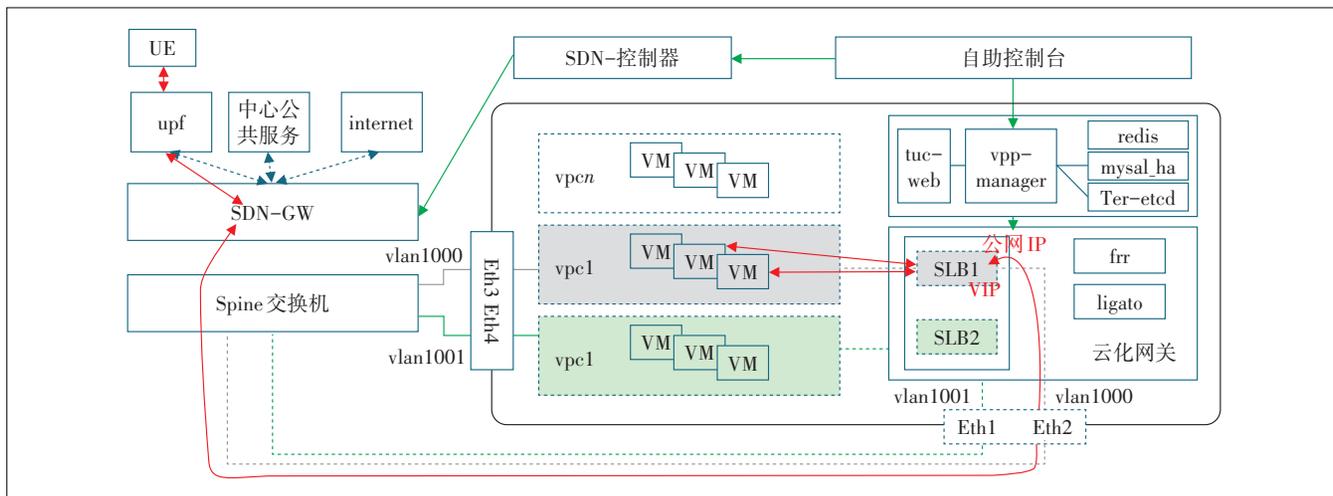


图4 MEC 云化网关业务流量走向

表 1 云化网关基于 Dpdk 技术性能测试结果

流量方向	64 B		128 B		512 B		1 024 B		1 280 B		1 518 B	
	PPS/mpps	BPS/(Gbit/s)										
in	6.88	3.52	4.00	4.09	2.30	9.43	1.02	9.84	0.96	9.85	0.81	9.87
out	6.88	3.52	3.96	4.06	2.30	9.43	1.02	9.84	0.96	9.85	0.81	9.87

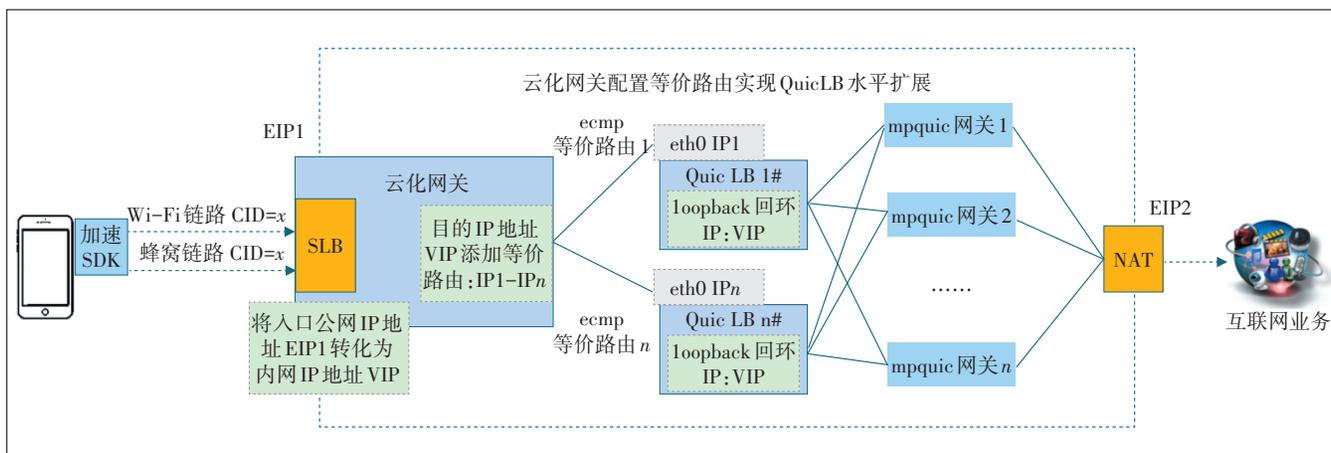


图5 云化网关等价路由实现 Quic LB 水平扩展

a) 云化网关。其作用是将整个 mpquic 网关集群的公网 IP 地址转化为内网 IP 地址,即将公网 EIP 地址 DNAT 为内网 VIP 地址。整个 mpquic 网关集群仅需一个公网 IP 地址对外提供服务。同时云化网关可以配置等价路由的方式实现 N 个 Quic LB 的水平扩展,对外暴露一个内网 VIP 地址。其实现方式是:对目的地址为 VIP 的流量,在云化网关上配置 N 条等价路由,将目的地址为 VIP 的流量的下一跳指向 Quic LB 的内网地址 IP x (其中:IP x 为第 x 个 Quic LB 的内网 IP 地址)。

b) Quic LB 集群。Quic LB 集群由若干个 Quic LB 组成。每一个 Quic LB 上配置有 2 个内网 IP 地址:一个是在 Quic LB 所在虚拟机 eth0 网卡 IP 地址,根据该 IP 地址实现等价路由。另一个是在 Quic LB 所在虚拟机配置 LoopBack 回环 VIP 地址,根据该 IP 地址,结束等价路由导流。所有的 Quic LB 所在的虚拟机都配置同一个 LoopBack 回环内网地址 VIP。

具体实现包括如下 6 个步骤。

a) 使用云化网关,将用户手机终端采用 mpquic 协议访问的公网 EIP 地址转化为内网 VIP 地址。

b) 根据业务需要,配置 N 个 Quic LB 负载均衡器,构成 Quic LB 集群。每个 Quic LB 所在的虚拟机的 eth0 网卡都配置独立的内网 IP 地址。

c) 在云化网关之后部署 Quic LB,在云化网关对目的地址 VIP 配置 N 条等价路由,将目的地址 VIP 的流量的下一跳指向 N 个 Quic LB。可在云化网关配置静态路由或 Quic LB 通过 BGP 发布 VIP 地址的路由等方式实现等价路由。

d) 在每个 Quic LB 所在的虚拟机都配置同一个 LoopBack 回环内网地址 VIP。

e) 因为每个 Quic LB 都有 VIP 地址,因此 Quic 报文达到每一个 Quic LB 后,可以直接结束等价路由导流。

f) 在 Quic LB 按照 4 层负载均衡处理转发过来的 mpquic 报文,并根据 mpquic 报文中的 CID 实现分流,将同一 CID 的数据报文根据一致性 Hash 算法,分流到同一 mpquic 网关。

4 mpquic 网关集群间扩展和调度

一方面,mpquic 网关集群部署在 MEC,在 MEC 上可以对 mpquic 网关进行集群间扩展,提高 mpquic 网关集群的整体并发能力;另一方面,mpquic 网关集群也需要在用户使用映射到就近的 MEC 节点减少线路迂回,降低时延。mpquic 网关集群间扩展和调度示意如图 6 所示。

在 MEC 部署 mpquic 加速网关,存在多个 mpquic 网关集群的时候,就需要在 SDK 开始加速时,通过网关控制器进行网关选择,一般按照如下 2 个原则进行选择:一是以流量不绕行为主要原则,就近选择 mpquic 加速网关提供服务。二是参考网关的负荷和性能情况,为用户提供运行负荷轻、运行状态良好的 mpquic 加速网关。

用户在使用 SDK 加速时,控制器根据用户公网 IP 地址来判断用户所在地理位置,如果在 A 市,就调度到 A 市的 MEC 节点的 mpquic 加速网关进行加速,如果在 B 市,则另需要判断距离哪个区更近,选择距离最近的 MEC 节点的 mpquic 加速网关进行加速。

在实际应用中,集群内和集群间 mpquic 双通道加速系统性能扩展情况如表 2 所示,单个 2C4G 的 mpquic

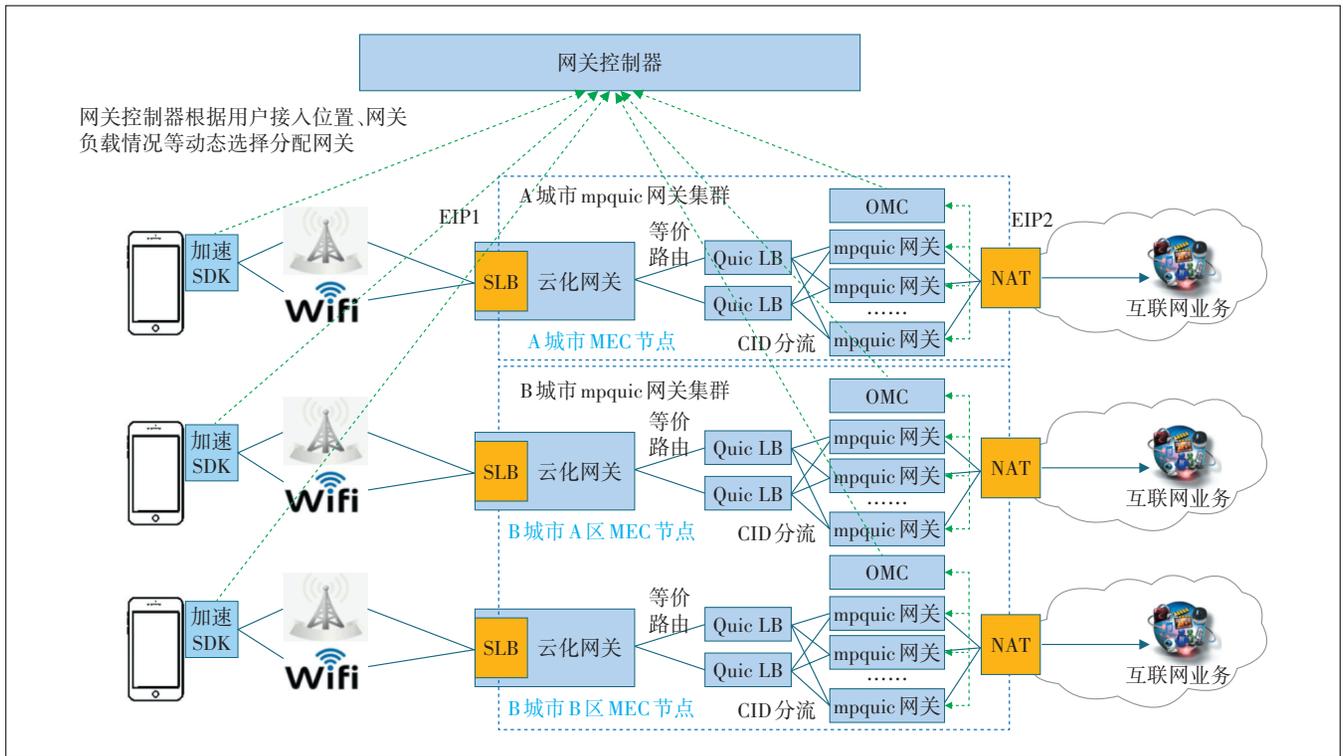


图6 mpquic网关集群间扩展和调度示意

表2 mpquic网关、Quic LB和云化网关带宽支持说明

项目	mpquic网关	Quic LB	云化网关
网络带宽和租户数量支持情况	以2C4G的资源来部署mpquic网关,单个网关可以支持1 Gbit/s的带宽	单个Quic LB可以支持4 Gbit/s的带宽	云化网关使用Dpdk技术纳管物理网卡,可以使性能达到线速,同时可以通过Bond4来做物理网卡的聚合,以10G物理网卡为例,目前MEC的云化网关可以稳定聚合4个10G物理网卡口来做到40 Gbit/s网络带宽的提升

网关可以支持1 Gbit/s的带宽,当通过一个Quic LB对mpquic网关进行集群内扩展后,可以支持4 Gbit/s的带宽;当云化网关通过扩展Quic LB对mpquic网关进行集群间扩展后,可以稳定支持40 Gbit/s的带宽,网络带宽提升效果明显。

5 结束语

本文通过MEC云化网关来提供高带宽,通过mpquic网关集群内扩展和集群间扩展相结合的方法,实现了mpquic网关集群吞吐量的提升。采用2项措施实现集群内扩展,一是采用Quic LB实现mpquic网关的水平扩展,二是云化网关配置负载均衡实现Quic LB水平扩展;同时,在MEC部署多个mpquic网关集群实现集群间扩展,在用户使用SDK加速时,按照就近原则和轻负荷原则,为用户选择合适的边缘侧mpquic网

关集群。通过集群内扩展和集群间扩展相结合,解决了用户使用mpquic双通道加速系统的高并发问题,取得了良好的效果。

参考文献:

- [1] CONINCK Q D, BONAVENTURE O. MultiPath QUIC: Design and Evaluation [EB/OL]. [2024-12-28]. <https://multiPath-quic.org/conext17-deconinck.pdf>.
- [2] MARTIN D. QUIC-LB: Using Load Balancers to Generate QUIC Connection IDs [EB/OL]. [2024-12-28]. <https://datatracker.ietf.org/doc/draft-duke-quic-load-balancers/00/>.
- [3] JAROENRAT K, CHIMMANEE S, CHARNKEITKONG P. Algorithms for IP networks design with ECMP routing enable [C]//2012 7th International conference on computing and convergence technology: ICCCT 2012, 2012: 420-425.

作者简介:

韩肆威,毕业于郑州大学,学士,主要从事MEC、切片技术和5G创新技术的设计落地工作;岳红强,毕业于中科院自动化所,博士,主要从事切片技术和5G创新技术的开发工作;赵斌,工程师,硕士,主要从事移动通信技术研究和5G行业应用业务创新落地等工作;周倩,工程师,硕士,主要从事MEC和5G创新技术的产品创新工作。