

DOI:10.16136/j.joel.2022.03.0470

光电混合数据中心的流量分级分类调度研究

刘逢清*, 陈宇星, 张天亿

(南京邮电大学 电子与光学工程学院, 江苏 南京 210023)

摘要:光电混合数据中心中的电分组交换可以灵活交换突发小流量但不能有效传输持续时间长的大流量,而光路交换正好相反。为此,在基于阵列波导光栅路由器(arrayed waveguide grating router, AWGR)的光电混合数据中心网络中,提出一种采用主动队列检测的流量分级分类调度策略,由电交换和光路交换共同实现大小流量的有效调度。根据数据中心的流量模型设计了仿真实验,分析了不同流量模型下各架构的平均时延和吞吐量。结果表明,和带宽收敛比为1:1的树型、Fat-tree型和c-Through型相比,随机流量模型下AWGR模型的吞吐量增幅达19.43%,时延降幅达45.73%。点对点流量模型下,随着K从1增大到4,相比于其他3种模型,AWGR模型的吞吐量降幅和时延增幅最低,分别为2.85%和46.98%。说明所提设计方案能有效地提高数据中心吞吐量和降低时延。

关键词:数据中心; 流量调度; 阵列波导光栅路由器(arrayed waveguide grating router, AWGR); 主动队列检测

中图分类号: TN915.41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0086(2022)03-0305-07

Research on traffic classification and scheduling in hybrid optoelectronic data centers

LIU Fengqing*, CHEN Yuxing, ZHANG Tianyi

(College of Electronic and Optical Engineering, Nanjing University of Posts & Telecommunications, Nanjing, Jiangsu 210023, China)

Abstract: In a hybrid optoelectronic data center, an electronic switch can switch packets in small traffic flow flexibly and efficiently, but cannot effectively transmit those in large traffic with long duration. In contrast, optical routers are just the opposite. Therefore, in the hybrid optoelectronic data center networks based on arrayed waveguide grating router (AWGR), a hierarchical and classified traffic scheduling strategy using active queue detection is proposed to achieve effective scheduling of both large and small traffic by a combination of electronic switching networks and optical wavelength paths. According to the traffic model of data centers, simulation experiments are designed, in which the average delay and throughput of each architecture under different traffic models are analyzed. Numerical results show that: comparing with the Fat-tree, c-Through structures and the conventional tree structures with a bandwidth convergence ratio of 1:1, the throughput of the AWGR structures increases at least 19.43% and the delay reduces at least 45.73% under random traffic model. Under point-to-point traffic model, as K increases from 1 to 4, the AWGR structures compared with the other three structures have the lowest throughput drop and delay increase of 2.85% and 46.98% respectively. Our scheme can effectively improve the performance of throughput and delay in a datacenter.

Key words: data center; traffic scheduling; arrayed-waveguide grating router (AWGR); active queue detection

* E-mail: liufq@njupt.edu.cn

收稿日期: 2021-07-05 修订日期: 2021-08-19

基金项目: 国家自然科学基金(62004105)资助项目

1 引 言

数据中心是互联网时代的核心基础设施,它能容纳数千上万台服务器,为用户提供各种新兴服务与应用,如超高清视频、云计算和虚拟现实等^[1,2]。但数据中心内部的数据流分布很不均衡,既有持续时间长的大流量,也有持续时间短的突发小流量^[3]。数据中心内部的这种数据流特性可以用 2 个 90% 来描述^[4]: 首先, 90% 的数据流是小于 1 MB 的老鼠流, 剩下少部分数据流是大象流; 其次, 90% 的总流量集中在大于 100 MB 的大象流。现有数据中心通常采用电域交换来实现流量的交换, 但其不能高效地传输大流量, 导致数据传输时延较长等问题^[5-8]。文献[5]在数据中心网络中设计了一种基于流分类的流量调度机制, 它为大小流采用不同的路径分配策略。文献[6]将数据中心网络中现有路径划分为低时延敏感路径和高吞吐量路径来实现流量的有效传输, 但它们由于本身带宽容量有限易出现网络拥塞的现象。为缓解数据中心通信带宽低的问题, 研究者们在电交换结构中加入光交换机制^[9-11]。文献[9]的数据中心网络采用光分组交换的方形结构, 并对其流量调度算法进行了研究, 提出了路径最低缓存(而不是本地链路缓存)算法来降低业务传输时延和丢包率, 它可以灵活交换老鼠流但不能有效传输大象流。文献[10]采用 c-Through 的光电混合结构来传输持续时间较长的网络流, 交换机之间建立固定光路来实现数据传输, 但其不能适用于快速变换以及大小不同的网络流。因此需要研究一种能根据流量特性对数据流调度作出实时调整的光电混合数据中心结构和流量路由方法。

本文在 Fat-tree^[12] 和 c-Through^[10] 结构的基础上, 提出一种采用阵列波导光栅(arrayed waveguide grating, AWG)和快速可调波长转换器(tunable wavelength converter, TWC)构成的阵列波导光栅路由器(arrayed waveguide grating router, AWGR)网络拓扑结构, 它根据数据中心中 2 个 90% 的流量特征, 采用主动队列检测的流量分级分类调度策略, 来实现大小流量在数据中心中有效地交换和传输。

2 流量模型与流量分级分类调度策略

2.1 流量模型与运行流的判定

为了在仿真时实现数据中心网络, 需要构建一种简单的数据中心流量模型, 设服务器间流量生成时间服从参数为 t 的负指数分布, 则单位时间内服务器产生的流量大小(表示为系统注入率 R_{in})为:

$$R_{in} = \left(\frac{1}{t} \times P_B\right) \times M_B + \left(\frac{1}{t} \times P_S\right) \times M_S, \quad (1)$$

式中, P_S 和 P_B 分别表示系统产生老鼠流与大象流的概率, M_S 和 M_B 分别表示系统产生老鼠流与大象流大小。

数据中心中流量分布是不均衡的, 根据不同的应用可分为实时和非实时。实时的查询与数据同步对于时延敏感^[7], 给予这种业务以较高优先级。非实时的业务优先级较低, 可根据业务数据流的大小将其分为大流量和小流量。在大流量分类中, 按照目的地址又分为不同发送区域(point of delivery, pod)间大流量、同一 pod 下大流量, 以及同一机架下大流量。为此, 首先需进行大小流判定。

实际运行时, 流的大小通过控制器中的统计信息进行计算, 主要由端口的字节数变化求得^[8]。当流的平均传输速率大于链路带宽 10% 时, 将其定义为大流(大象流), 判定公式为:

$$p = (F_{byte} \times 8 / F_{duration}) / B \begin{cases} \text{elephant stream, if } p > 0.1 \\ \text{mice stream, otherwise} \end{cases}, \quad (2)$$

式中, p 为流的平均传输速率占链路带宽的比率, F_{byte} 为流的字节数, B 为链路带宽, $F_{duration}$ 为流生存时间。

为了防止流传输字节数较少且生成时间较短的情况下对大流进行误判, 设置了 $F_{duration}$ 的阈值, 其设定表达式为:

$$F_{duration} = 0.1, \text{ if } F_{duration} < 0.1. \quad (3)$$

2.2 AWGR 的特性

各机架连接到光路由的示意图, 如图 1 所示。在图 1 的混合架构中, 采用 AWGR^[13] 结构可以为数据中心网络增加额外的光路, 在光网络部分由 AWGR 的循环路由特性传输机架间的大流量, 其特点是: 可将一个输入端口复用的多个波长信号传到不同的目的端口, 而无需配置, 主动队列检测调度方法的流程图, 如图 2 所示。1 号机架下不同的波长 $\lambda_2^1, \lambda_3^1, \lambda_4^1, \lambda_5^1, \lambda_6^1$ 经由 AWGR 传到了不同的目的端口, 分别为 2 号口、3 号口、4 号口、5 号口、6 号口, 这是一个 6×6 的 AWGR。对于一个 $N \times N$ 的波导阵列光栅路由器, 其自由光谱范围是各波长信道频率间隔的 N 倍, 输入端口 i (对应) 的第 m 号波长与其输出端口的关系表达式为:

$$\begin{cases} j = (m - i) \bmod N + 1, \text{ if } m > i \\ j = (N - (i - m)) \bmod N + 1, \text{ if } m < i \end{cases} \quad (4)$$

在图 1 所示的各机架连接到光路由的示意图中, W_{ij} 为光波长路由的缓存队列, 它定义了 i 号交换机与 j 号交换机间通信流量的缓存队列。例如: W_{12} 表示了 1 号交换机连接 AWGR 的流量队列, 是从 1

号交换机发往2号交换机的数据流。机架内部的流量不需要通过机架传送出去,所以没有在图1中画出。

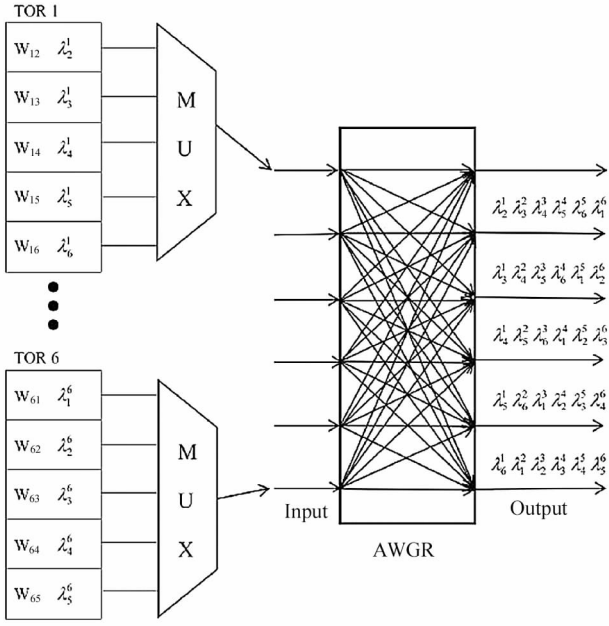


图1 各机架连接到光路由的示意图
Fig. 1 Schematic diagram of each rack connected to the optical router

2.3 主动队列检测的调度方法

典型的尾部丢弃策略可能会迫使通信双方进行

数据重传,从而降低通信量,因此路由器采用主动队列检测的流量调度方法来提高数据中心的吞吐量。设置最小门限 $H_{\min}$ 和最大门限 $H_{\max}$ 来均衡交换机的缓存队列^[14],一般来说,设 $H_{\max} = 2H_{\min}$ 。当一个分组到达时,先根据流表内容判定其优先级,高优先级的优先调度。同一优先级下,根据流的判定公式判断流的大小。若为小流量,则交由电交换网络处理。若为大流量,先计算平均队列长度 $\bar{L}$,再根据 $\bar{L}$ 值决定流的去向。若 $\bar{L} < H_{\min}$,将到达流在交换机的缓存队列中缓存;若 $\bar{L} > H_{\max}$,丢弃该到达流;若 $H_{\min} < \bar{L} < H_{\max}$,则本文将以一定的概率 P 调度到其他队列或者将其丢弃($P < 0$),概率 P 的表达式为:

$$P = \gamma(1 - \bar{L}_{\text{dst}}/\bar{L}), \quad (5)$$

式中,系数 γ 为与流目的地址有关的加权系数, $\bar{L}_{\text{dst}}$ 为目的端口的队列平均长度, $\bar{L}$ 是当前端口的队列平均长度。

当流的目的地址是端口间,大概率是光路由,小概率为电交换(如设光路由 γ 为 0.85,电交换 γ 为 0.15)。当流的目的地址是端口内,则其大概率是电交换,小概率为光路由(光路由 γ 为 0.3,电交换 γ 为 0.7)。主动队列检测的调度方法是用来调度端口内或者端口间流量的,具体调度流程图可见图2。

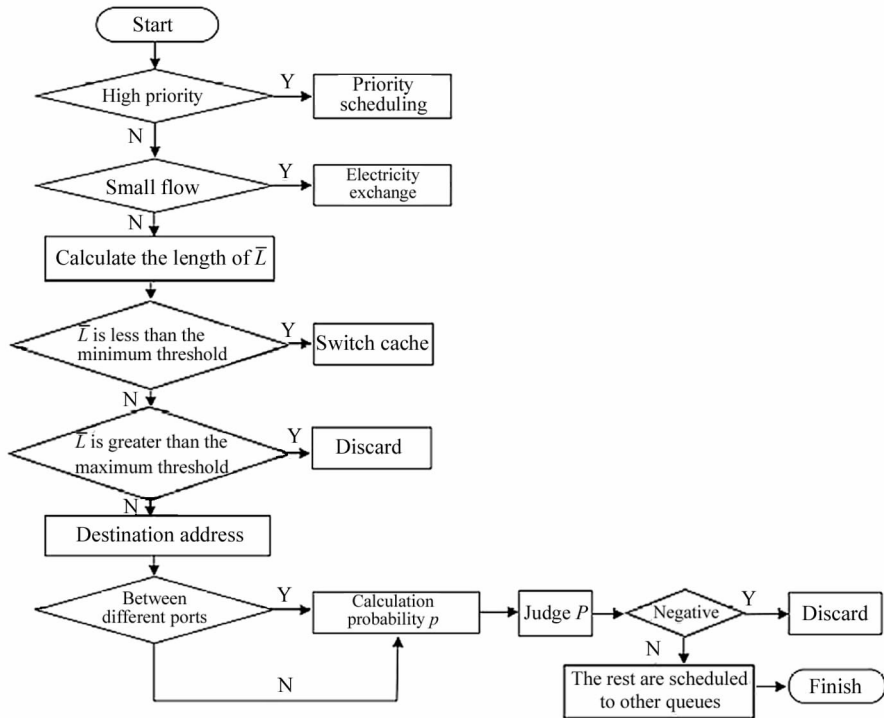


图2 主动队列检测调度方法的流程图
Fig. 2 Flow chart of the active queue detection scheduling method

3 仿真结果分析

本文的仿真实验基于 Mininet 仿真平台以及 Ryu 控制器^[15],基于 AWGR 的光电混合网络架构如图 3 所示。在此仿真实验中,通过 Mininet 搭建了基于 AWGR 的光电混合数据中心结构域并部署了 Ryu 控制器。利用流量生成工具 iperf 根据数据中心不同的流量模型 Random(*K*)和 PtP(*K*)生成不同的流量分布^[16],在此基础上将本方案搭建的网络拓扑(见图 3)与常见的树形拓扑、Fat-tree 拓扑、c-Through 拓扑在不同流量模式下对系统吞吐量与系统时延进行仿真对比,4 种网络拓扑结构参数对比如表 1 所示。

仿真性能采用网络平均时延和吞吐量表示。平均时延 D_{elay} 定义为所有数据包经历的时延平均值为:

$$D_{\text{elay}} = \sum_{i=1}^S \frac{T_i}{S}, \tag{6}$$

式中, T_i 为数据包 i 由源发送到目的服务器的传输时延, S 为服务器收到的总数据包数。

网络吞吐量 $T_{\text{throughput}}$ 定义为单位时间内网络所有服务器收到的数据总量为:

$$T_{\text{throughput}} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^{M_i} L_j \right) / T, \tag{7}$$

式中, N 为服务器数, M_i 为服务器 i 接收到的数据包数量, L_j 是服务器收到的第 j 个数据包的长度, T 为

表 1 4 种网络拓扑结构参数对比
Tab.1 Comparison of four network topology parameters

Topological structure	Host	Number of switches in each layer	Access layer bandwidth /Gbps	Convergence layer bandwidth /Gbps	Core layer bandwidth /Gbps	Optical link	
						Bandwidth /Gbps	Delay /ms
Tree	16	4/2/1	1	4	8	—	—
Fat-tree	16	8/8/4	1	1	1	—	—
c-Through	16	8/4/1	1	1	1	10	10
AWGR	16	8/8/4	1	1	1	10	0.015

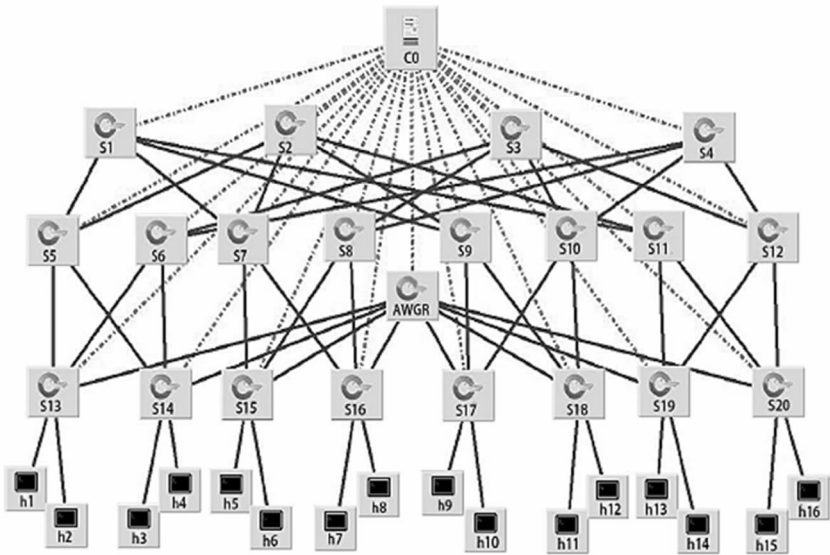


图 3 基于 AWGR 的光电混合网络架构
Fig.3 Architecture of optoelectronic hybrid network based on AWGR

网络所有服务器收到数据总量所需的时间。

3.1 流量生成模型

Random(*K*)模式:每台服务器以同等概率与其他 K 台服务器进行流量通信。例如:当 K 取值为 1

时,每台服务器最多同时和另外一台服务器进行通信。

PtP(*K*)点对点模式:不同的 K 值可以改变流量路由的距离(同一机架下、同一端口下、不同端口

间)。例如:PtP(1)表示同一机架下的服务器进行通信,PtP(4)表示不同 pod 间的服务器进行通信。

3.2 仿真结果分析

随机模式下系统吞吐量对比图,如图4所示。如图4为带宽收敛比1:1的树型、Fat-tree型、c-Through型、AWGR型结构在随机打流模式下且系统注入率为0.8 Gbps时的系统吞吐量对比图。横坐标为不同K取值的随机模式,纵坐标为相应的吞吐量。从图中可以得出带宽收敛比1:1的树型结构在性能上与Fat-tree型结构基本相同,甚至更好。这是因为相比于Fat-tree型结构,传统树形的路由更为简单。在实际情况下要做到1:1的带宽收敛比是很难做到的,本文由于仿真的拓扑规模较小,可以实现带宽不收敛,带宽不收敛指拓扑网络中每个节点(根节点除外)都需要保证上行带宽与下行带宽相等。c-Through结构在传统的树形结构中引入了高带宽的光链路,柜顶(top of rack, ToR)与微电机系统(micro electro mechanical system, MEMS)交换机相连构成光链路,当一对或几对ToR之间流量较大(大象流)时,这些流量将通过光链路通信,同时电交换网络依然能够快速响应老鼠流的传输,因此它比传统树形结构和Fat-tree结构吞吐量要大。相比c-Through结构,AWGR结构吞吐量增幅为19.43%,这主要是因为c-Through结构光交换部分虽然有很大的带宽,但是MEMS光开关的配置时间较长(仿真时配置为10 ms),而AWGR结构中配置时间较短(仿真时配置为15 μ s),因此相比于c-Through结构,AWGR结构反应更迅速,能在更短时间内建立光路,提高了光带宽的使用效率。

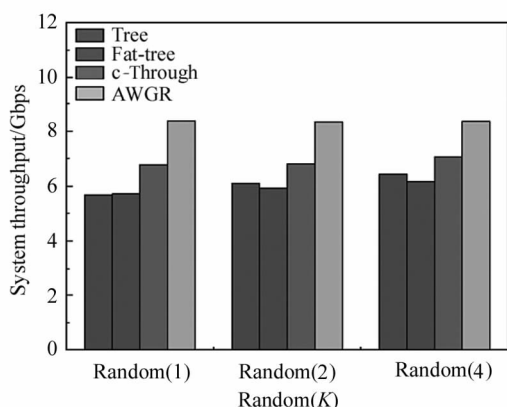


图4 随机模式下系统吞吐量对比图

Fig.4 Comparison chart of system throughput in random mode

图5为各结构在不同随机模式下的系统时延对比图,K值越大代表流量在整个传输网络中的分布越平均。首先Fat-tree结构系统时延要比传统树形的时延要长,原因有2个:一是因为Fat-tree结构网络更为复杂,开关节点较多,系统调度较复杂,同一ToR下,Fat-tree结构连接的服务器比传统树形要少,即Fat-tree结构中数据包平均跳数较多,处理时间长;二是因为Fat-tree结构中大小流量都采用等价多路径(ECMP)路由算法路由^[17],在汇聚层容易引起链路拥塞,大流量长时间占据汇聚链路带宽,小流量被阻塞等待时间长,所以Fat-tree型虽然有较多的冗余链路,但Fat-Tree结构的时延比树型要大。其次,由于引入光路传输大象流,AWGR和c-Through要比前2种结构的时延低得多。最后,相较于c-Through型,AWGR型的时延降幅为45.73%,这是由于AWGR采用的快速调谐激光器的调谐时间比c-Through中MEMS光交换时间少,建立和拆除光路时间短,所以时延性能更好。

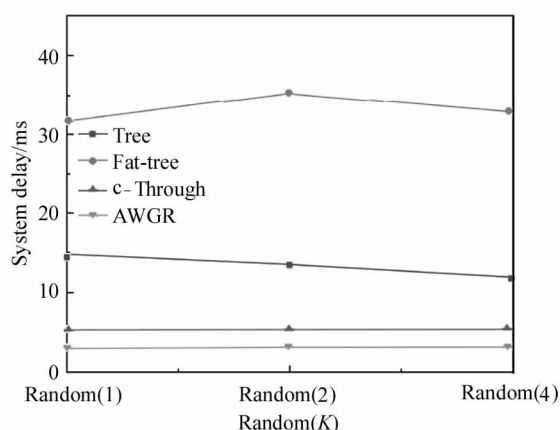


图5 随机模式下系统时延对比图

Fig.5 Comparison chart of system delay in random mode

如图6为点对点打流模式下带宽收敛比1:1的树型、Fat-tree型、c-Through型和AWGR型结构在系统注入率为0.8 Gbps时的系统吞吐量对比图。横坐标为不同K取值的点对点模式,纵坐标为相应的吞吐量。其中K=1,2,4分别表示同一ToR、同一Pod内,不同Pod间等3种传输尺度上的网络流量负载状态。PtP(1)模式表示同一ToR下相邻服务器之间相互通信,会生成点对点的流量,此时业务仅经过ToR交换,不经过汇聚层和核心层交换机,因此汇聚和核心层链路的流量相对较小,带宽利用率和发生拥塞的可能性也较低,而网络吞吐量较高。而当K值增大时,跨区域的流量增多,汇聚层流量增大,

出现一定范围的链路拥塞,进而导致传统树型和 Fat-tree 型结构的性能降低。从图中可以得出,随着 K 的增大, Fat-tree 结构的吞吐量(降幅为 40.54%)要比传统树形结构的吞吐量(降幅为 9.64%)下降得更快。这主要是因为采用 ECMP 分配算法的 Fat-tree 结构路由计算相对复杂和计算困难,有许多链路往往因为计算权值选取不当而不被当作等价链路使用,造成了大量闲置。另外,该算法并不智能,它不能有效识别当前调度流量的大小和服务质量(QoS)需求,造成大流量对小流量带宽挤占的现象。c-Through 结构系统吞吐量随着 K 的增大降幅为 25.64%。这是因为随着 K 的增大,开始出现大象流对光链路的争用,而且 K 越大,争用越明显。相比于前 3 种结构, AWGR 型结构在单点通信上性能要明显优越得多,其降幅为 2.85%,几乎可以忽略不计。

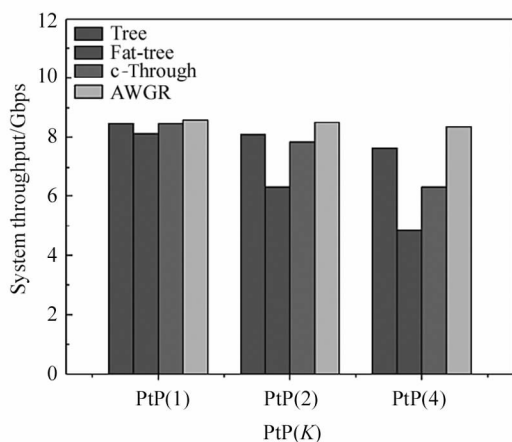


图 6 点对点模式下系统吞吐量对比图

Fig. 6 Comparison of system throughput in point-to-point mode

图 7 为各结构在点对点模式下系统时延对比图, K 值越大代表流量在整个传输网络中的分布越平均。由图可知,当 $K=1$ 时,主要是同一 ToR 下服务器的流量,汇聚层链路带宽没有拥塞,各个系统时延都比较小。随着 K 值的增大,跨层交换的流量增多,拥塞越来越严重, AWGR 型时延增幅最低,为 46.98%。尤其当 $K=4$ 时,更多的流量在 pod 间传输,实验中的树型结构上层的链路带宽充足,拥塞出现几率较小,因此时延变化较小。采用等价多路径转发的 Fat-tree 结构,由于在流量调度时无法将大小流量分开调度,所以即使有大量冗余链路依旧时延较高。c-Through 的大流量调度性能小于 AWGR 型,时延也稍差,主要还是由于光电路交换的配置需

要毫秒级的时间延迟。

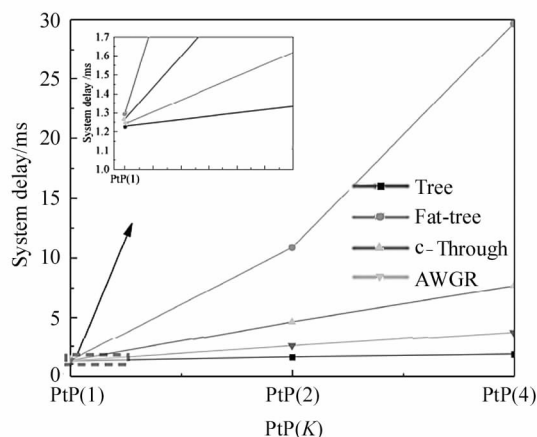


图 7 点对点模式下系统时延对比图

Fig. 7 Comparison of system delay in point-to-point mode

综上,树型网络在以机架内流量为主的网络中效果较好,但考虑到 1:1 的带宽收敛比实际中难以实现,汇聚层的带宽瓶颈不可避免,因此树型网络渐渐被新型数据中心替换。Fat-tree 结构如果能够改进传统的 ECMP 算法,对流量大小和 QoS 进行感知,做出不同的调度策略并增加大量的冗余链路应可获得更好的网络性能。c-Through 结构通过配置额外光路,缓解了带宽压力,性能优于前两者。但是当流量不再局限于机架 ToR 内,那么这些结构就可能发生大流量对带宽的占用,导致吞吐量的降低以及时延过长。本文提出的混合网络 AWGR 结构通过设置主动队列检测,对可能争用链路的流量分级分类,并采取不同的路径调度策略,因此相比其他几种传统拓扑结构有着更优异的性能。

4 结 论

本文针对数据中心流量堵塞问题,提出一种基于 AWGR 型的数据中心网络结构,形成的光电混合数据中心结构在电交换网的基础上提供了多条光路来解决链路堵塞问题。在此基础上,采用主动队列检测的流量调度方法,采用软件定义网络 (software defined network, SDN) 控制器感知流量并将流量分类,针对不同流量提出不同调度策略,并下发流表到交换机上控制流量的合理转发。仿真结果表明,此设计方案能有效地提高数据中心的吞吐量,降低网络时延。

参考文献:

- [1] BARI M F, BOUTABA R, ESTEVES R, et al. Data center

- network virtualization: a survey[J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2013, 15(02): 909-928.
- [2] LI W X, QI H, XU R H, et al. Data center network flow scheduling progress and trends[J]. Chinese Journal of Computers, 2020, 43(4): 600-617.
李文信, 齐恒, 徐仁海, 等. 数据中心网络流量调度的研究进展与趋势[J]. 计算机学报, 2020, 43(4): 600-617.
- [3] SHEN G B, LI Q, JIANG Y, et al. Research on load balancing in data center networks[J]. Journal of Software, 2020, 31(7): 2221-2244.
沈耿彪, 李清, 江勇, 等. 数据中心网络负载均衡问题研究[J]. 软件学报, 2020, 31(7): 2221-2244.
- [4] LI J K, YE T, LI D. Research on traffic off loading in hybrid optical/electrical data center networks[J]. Optical Communication Technology, 2018, 42(7): 22-25.
黎建珂, 叶通, 李东, 等. 光电混合数据中心网络中的流量卸载研究[J]. 光通信技术, 2018, 42(7): 22-25.
- [5] CUI Z X, HU Y X, LAN J L, et al. Load balancing based on flow classification for data center network[J]. Acta Electronica Sinica, 2021, 49(3): 559-565.
崔子熙, 胡宇翔, 兰巨龙, 等. 基于流分类的数据中心网络负载均衡机制[J], 电子学报, 2021, 49(3): 559-565.
- [6] WANG W, SUN Y, SALAMATIAN K, et al. Adaptive path isolation for elephant and mice flows by exploiting path diversity in datacenters[J]. IEEE Transactions on Network and Service Management, 2016, 13(1): 5-18.
- [7] ZAHER M, ALAWADI A H, MOLNAR S. Sieve: A flow scheduling framework in SDN based data center networks[J]. Computer Communications, 2021, 171(4): 99-111.
- [8] JIN Y, LIU Y X, WANG X X. SDN-based multipath traffic scheduling algorithm for data center network[J]. Computer Science, 2019, 46(6): 90-94.
金勇, 刘亦星, 王欣欣. 基于 SDN 的数据中心网络多路径流量调度算法[J]. 计算机科学, 2019, 46(6): 90-94.
- [9] YAN F, XUE X, GUO X, et al. Load balance algorithm for an OPS quaredatacenter network under real application traffic[J]. Journal of Optical Communications and Networking, 2020, 12(8): 239-250.
- [10] WANG G, ANDERSEN D G, KAMINSKY M, et al. c-through: part-time optics in data centers[C]//ACM SIGCOMM 2010 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications, August 30-September 3, 2010, New Delhi, India. New York: ACM, 2010, 40(4): 327-338.
- [11] ZHANG T Y, LIU F Q. Traffic scheduling method in hybrid optical-electronical data centers based on SDN[J]. Optical Communication Technology, 2018, 42(4): 25-28.
张天亿, 刘逢清. 基于 SDN 的光电混合数据中心流量调度方法[J]. 光通信技术, 2018, 42(4): 25-28.
- [12] LUO S, YU H, LI L, et al. Traffic-aware VDC embedding in data center: A case study of fattree[J]. China Communications, 2014, 11(7): 142-152.
- [13] YIN Y, PROIETTI R, YE X, et al. LIONS: an AWGR-based low-latency optical switch for high-performance computing and data centers[J]. IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics, 2013, 19(2): 3600409.
- [14] GREENBERG A, HAMILTON J R, JAIN N, et al. VL2: a scalable and flexible data center network[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2009, 39(4): 51-62.
- [15] ISLAM M T, ISLAM N, REFAT M A. Node to node performance evaluation through RYU SDN controller[J]. Wireless Personal Communications, 2020, 112(1): 555-570.
- [16] ZHANG G. The implementation of two common traffic models of data center using Mininet[EB/OL]. (2015-04-28) [2021-07-04]. <https://www.sdnlab.com/11079.html>.
张歌. 数据中心两种常用流量模型运用 mininet 的实现[EB/OL]. (2015-04-28) [2021-07-04]. <https://www.sdnlab.com/11079.html>.
- [17] CHIES A M, KINDLER G, SCHAPIRA M. Traffic engineering with equal-cost-multipath: an algorithmic perspective[J]. IEEE ACM Transactions on Networking, 2017, 25(2): 779-792.

作者简介:

刘逢清 (1975—), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事光纤通信和光网络方面的研究。