

软件定义网络的流量调度算法研究

雷 鸣 李 静 傅妍芳

(西安工业大学电子信息工程学院 西安 710021)

摘 要:目前,NOX、FloodLight等SDN控制器均提供了类似于传统路由器OSPF协议的最短路径转发算法,这些算法通过SDN控制器收集全局交换机静态参数从而进行路径计算,但并没有利用SDN系统的优势即获得运行时的动态信息来优化算法性能,在流量过大时传统算法容易导致网络拥堵。对SDN的路由算法进行研究,应用粒子群算法并利用SDN技术的特点对网络的负载均衡问题进行相关的优化。仿真实验表明与ECMP算法相比,提出的算法可以在一定程度提升网络的整体利用率,降低网络的时延和拥塞。

关键词:软件定义网络;负载均衡;粒子群算法

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 520.3040

Research on traffic scheduling algorithm for software definition network

Lei Ming Li Jing Fu Yanfang

(School of Electronic Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710021, China)

Abstract: At present, SDN controllers such as NOX and FloodLight provide the shortest path forwarding algorithm similar to the traditional router OSPF protocol. These algorithms collect the global parameters of the switch through the SDN controller, but do not take advantage of the SDN system to obtain runtime dynamic information to optimize the performance of the algorithm, traditional algorithms are prone to network congestion when traffic is too large. This paper mainly studies the routing algorithm of SDN, proposed the application of particle swarm optimization algorithm, combined with the characteristics of SDN technology to optimize the network load. The simulation results show that the proposed algorithm can improve the overall utilization of the network and reduce the congestion of the network to a certain extent.

Keywords: SDN; load balancing; PSO

0 引 言

随着互联网的发展,物联网、大数据、云计算等服务逐渐兴起,使得网络的规模不断扩大,业务流量飞跃式地增长。用户对网络提出了灵活调用、快速配置等越来越多的需求。而传统网络臃肿的体系架构和低效的网络利用率,不能满足用户的需求,不适应未来网络的发展^[1]。如何优化网络的结构和提高网络利用率,成为了目前急需解决的问题之一。

软件定义网络(software defined network, SDN)^[2]是一种新的网络架构技术,支持控制层面与转发层面的分离以及集中化的网络控制,使网络拥有可编程的能力,网络的可塑性更高。SDN的架构与传统网络架构不同;主要

分为应用层、控制层、网络基础设施层如图1所示。各层的功能如下:

1)基础设施层:该层由大量网络设备组成,主要负责数据流、流表的转发与收集上传,受控制层管理。

2)控制层:由控制器为中心统筹控制平面的资源,制定运行转发策略。可以根据需求灵活地制定转发策略,记录并更新状态信息。控制器会定期维护网络拓扑结构以保证网络全局视图的准确性。

3)应用层:该层主要是各种应用或软件通过北向接口API连接SDN控制器,进行加载和开展各类SDN应用业务。开源的框架协议允许用户定义或使用第三方软件和工具,在此过程中不需要对底层设备进行复杂的技术操作,通过简单的网络编程就可以完成用户新应用的快速部

署,降低了业务部署的复杂性。

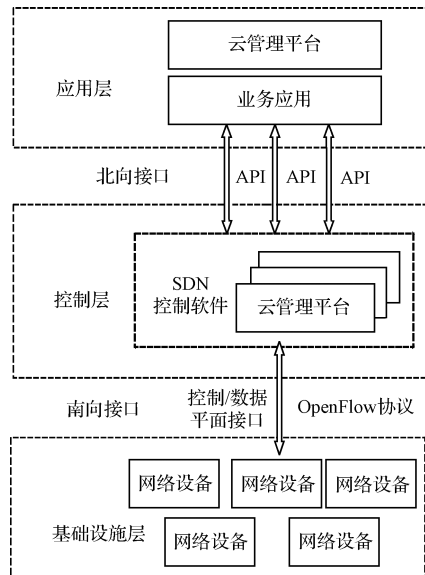


图1 SDN架构

目前SDN系统基本以OpenFlow协议进行开发和实现。开放网络基金会(open networking foundation, ONF)^[3-4]组织成员中的一些大型网络技术公司都推出了自己的SDN实现体系,如IBM-SDN、Nicira-SDN等。在学术研究中,网络流量的负载均衡和流传输安全是目前研究的热点^[5-9]。

传统网络的路由算法多数以最短路径算法的实现为主,但是由于其路径计算主要依照跳数、距离、时延等静态参数,链路选择比较集中,链路的利用率不高并且没有考虑到在传输过程中链路状态的变化。随着流量的增大可能会造成局部的链路堵塞,致使链路整体的利用率较低。本文提出的多路径粒子群路由算法,基于SDN实时获得的全局网络信息可以动态的调整链路状态参数,粒子群算法可以动态地分散链路选择的集中程度,提高整体链路利用率,能在一定程度上解决链路拥塞问题。

1 粒子群优化路由算法

粒子群算法(particle swarm optimization, PSO)是Eberhart教授于1995年提出的一种智能算法,利用群体粒子间的合作与竞争产生的群体智能来优化搜索结果^[10]。算法在可行域中选择一个或多个随机解为初始状态,通过迭代的方式最终找到全局的最优解或者近似解。因为其精度高、收敛快等优点引起了学术界的重视^[11-14]。粒子拥有速度和位置2个矢量参数,速度表示粒子飞行的方向和距离,位置表示了与全局最优位置的距离。同时粒子还有一个由目标函数决定的适应值。粒子被设计总是追寻种群中的最优位置并向其移动。对于每一个粒子,在每一次迭代中,通过2个极值来更新运动方向:个体极值,

粒子自身所找到的最优解;全局极值,整个种群找到的最优解。在找到这两个极值后,粒子将根据式(1)、(2)来更新自己的速度和位置:

$$v(t+1) = \omega \times v(t) + c_1 r_1 (p_{best} - x(t)) + c_2 r_2 (g_{best} - x(t)) \quad (1)$$

$$x(t+1) = x(t) + v(t+1) \quad (2)$$

式中: t 表示迭代次数, $v(t)$ 表示粒子的速度, $x(t)$ 表示粒子的位置, c_1 和 c_2 是学习因子,一般取值固定。 ω 是惯性系数,表示受前一状态的影响。 r_1, r_2 是 $[0, 1]$ 范围内的均匀分布的随机数。本文中,粒子群算法的每一个粒子代表一个流量调度的方案。适应值函数可表示为:

$$F_{fitn} = \alpha \sum_{i=0}^k \sum_{j=0}^k (l_i - l_j)^2 + \beta \sum_{i=0}^k (l_i - l_{mean})^2 \quad (3)$$

$$F_{bind} = \lambda_1 \sum_{i,j} \min(l_i, l_j) + \lambda_2 \sum_{i,j} l_{mean} \quad (4)$$

式中: F_{fitn} 为目标函数适应值,使用链路之间的负载差值和网络平均负载差值反映了链路的负载均衡程度。 F_{bind} 为问题的约束条件,每个粒子的优劣由 F_{fitn} 和 F_{bind} 共同决定。

在得到了相应的适应值函数后,根据下面的步骤进行运算,求解粒子群的全局最优解。

- 1)设置算法初始参数:设置 ω, c_1, c_2 以及种群规模大小 D 的值。
- 2)初始化所有粒子的位置和速度。位置矢量和速度矢量由式(5)、(6)给出:

$$x_{ij}^0 = Load_j (i = 1, 2, \dots, D, j = 1, 2, \dots, K) \quad (5)$$

$$V_{ij}^0 = V_{min} + \alpha(V_{max} - V_{min})\alpha \in [0, 1] \quad (6)$$
 $Load_j$ 是第 j 条链路带宽使用率, α 是随机数, V_{max} 是速度最大值, V_{min} 是速度最小值。
- 3)利用适应值公式计算粒子的适应度值 $Fit[i]$,与个体极值 $P_{best}(i)$ 比较,如果 $Fit[i] > P_{best}(i)$,则用 $Fit[i]$ 替换 $P_{best}(i)$ 。
- 4)个体极值 $P_{best}(i)$ 与全局极值 $g_{best}(i)$ 比较,如果 $P_{best}(i) > g_{best}(i)$,则用 $P_{best}(i)$ 替换掉 $g_{best}(i)$ 。
- 5)根据式(1)(2)更新粒子的位置 x_i 和速度 v_i 。
- 6)如果满足结束条件(满足收敛条件或最大迭代次数)则输出 g_{best} ,否则返回步骤(2)。

2 流量调度系统的设计和实现

本文基于RYU控制器实现系统的原型,系统架构如图2所示,主要包含3部分:1)网络的底层服务对象;2)由RYU控制器组成的控制平台;3)OpenFlow交换网络。而控制平台主要功能模块由基础控制、网络状态收集、调度策略3个单元组成。

1)基础控制层。负责提供基础性的管理控制服务,保证网络可以正常运行,维护设备层交换机的实例和相关的状态信息。

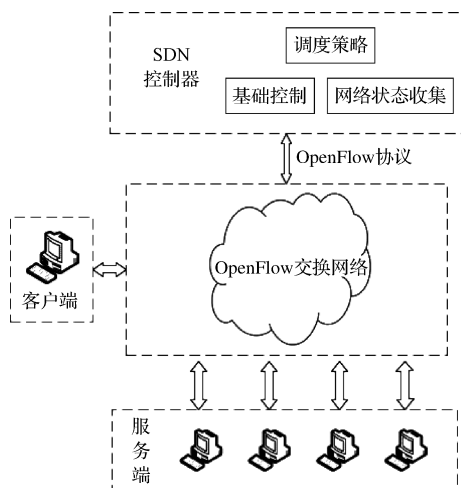


图2 流量调度系统架构图

2)网络状态收集模块。主要功能是从网络中统计交换机和链路的的状态信息,利用南向接口 OpenFlow 协议获取交换设备的流量统计信息,链路管理部分计算出链路的利用率并周期性地更新维护网络拓扑,确保网络实时状态信息的可靠。

3)调度策略模块。读取网络状态模块获取的链路状态参数,流的参数信息。利用本文所提出的 PSO 算法计算出流在网络中从源节点到目的节点的全局最优路径之后,向路径所属的交换设备生成要修改的流表项,并下发到沿途的交换机。

3 实验部分

本文基于 RYU 控制器实现了调度系统的原型^[15-17],使用 Mininet 创建的拓扑如图3所示,通过与 ECMP 算法进行对比评估本文所提算法的性能,并且验证系统的有效性。实验中选取第一个主机以随机的方式产生流量,向其他主机发包。同时,设置的流量长度随机在 0~500 KB 变化,模拟网络流量的不均衡和高链路负载。为了避免实验的偶然性,将实验重复多次后取平均值作为评估结果。

网络链路中每一个节点的负载情况如图4所示。由图可知,在多条路径可以选择的情况下,ECMP 算法会让流量资源容易集中一些关键节点上,一些边缘节点很难被选用,造成了链路资源的浪费,并且网络的整体利用率不高。例如节点3和节点6比其他节点的负载率高。而动态调度算法中的节点负载率总体较低,能够利用路径的多样性,将一些流从利用率高的链路转移到其他没有拥塞的链路,使得节点的负载率比较均匀,从而提升了网络的整体利用率。

通过对算法性能的测试,由算法的时延和丢包率统计得到的数据如表1所示。从表1可以看出,动态调度算法在时延和丢包率的数值都比 ECMP 算法方式小。

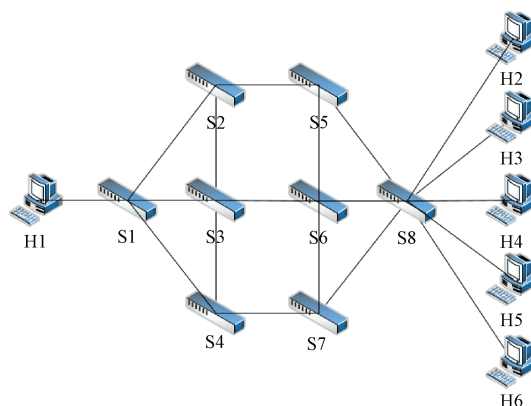


图3 测试网络拓扑结构

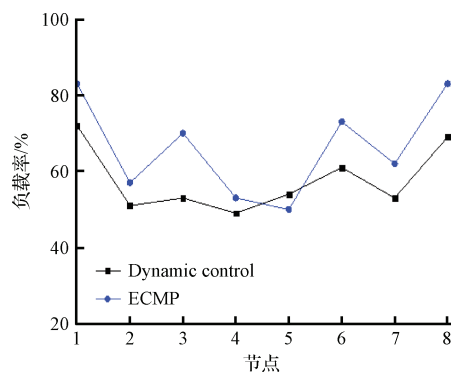


图4 节点负载状况

表1 算法性能比较

算法	参数	
	时延/ms	丢包率/%
ECMP 算法	0.42	0.37
动态调度算法	0.26	0.25

4 结论

近年来,随着网络技术的发展,SDN 已经成为了一项热门的研究领域,本文尝试在 SDN 网络中应用粒子群算法解决网络拥塞,负载不均衡的问题,有效地提升了链路利用率。通过用 Mininet 软件仿真证明,本文动态流量调度算法较传统算法在网络流量的拥塞控制方面有更好的性能。下一阶段将在真实网络中进行测试,并且针对算法中的相关参数进行优化研究。

参考文献

- [1] 左青云,陈鸣,赵广松,等. 基于 OpenFlow 的 SDN 技术研究[J]. 软件学报,2013,24(5):1078-1097.
- [2] HALEPLIDIS E E, PENTIKOUSIS E K, DENAZIS

- S, et al. Software-defined networking (SDN): layers and architecture terminology[Z]. 2015.
- [3] MCKEOWN N, ANDERSON T, BALAKRISHNAN H, et al. Open flow: enabling innovation in campus networks[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2008.
- [4] GITTA M C. Open Networking Foundation [M]. Sent publishing, 2012.
- [5] 魏凯. 基于蚁群算法 SDN 负载均衡的研究[D]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [6] 王松. 基于蚁群优化多路径路由算法的研究与设计[D]. 山东大学, 2016.
- [7] 秦勇, 梁旭. 基于混合遗传算法的并行测试任务调度研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(9): 72-75.
- [8] 柯友运. 面向 SDN 的路由算法研究[J]. 中国科技信息, 2014(22): 131-134.
- [9] 王勇, 匡玉雯. 基于 SDN 的云中心动态负载均衡方法[J]. 桂林电子科技大学学报, 2015, 35(4): 321-324.
- [10] KENNEDY J, EBERHART R C. A discrete binary version of the particle swarm algorithm[C]. The 1997 Conference on System, Cybernetics and Informatics. Piscataway, 1997: 4104-4109.
- [11] 余炳辉. 粒子群优化算法试验研究及扩展[D]. 武汉: 华中科技大学, 2007.
- [12] 蒋晓岫, 任佳, 顾敏明. 多维度惯性权重衰减混沌化粒子群算法及应用[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(6): 1333-1341.
- [13] 王道明, 鲁昌华, 蒋薇薇, 等. 基于粒子群算法的决策树 SVM 多分类方法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2015, 29(4): 611-615.
- [14] 梁旭, 刘才慧. 基于混合粒子群算法的在线检测路径规划[J]. 国外电子测量技术, 2015, 34(12): 30-34.
- [15] 崔兴萍. 云计算环境下基于负载均衡的资源调度算法研究与设计[D]. 镇江: 江苏大学, 2013.
- [16] Al-Fares M, Radhakrishnan S, Raghavan B, et al. Hedera: dynamic flow scheduling for data center networks[C]. Integrated Network Management, Icip/ieec International Symposium on. IEEE, 2013: 904-907.
- [17] 张俊. 基于 Mininet 和 OpenDayLight 的 SDN 构建[J]. 无线互联科技, 2015(18): 5-7.

作者简介

雷鸣, 1993 年出生, 工学硕士, 主要研究方向为软件定义网络。

E-mail: 335461718@qq.com