



基于 SFC 的业务路径选择算法

朱永庆, 龚霞, 陈华南

(中国电信股份有限公司广州研究院, 广东 广州 510630)

摘要: 产业界正在推进 SFC (service function chain, 业务链) 技术发展, 以实现云网融合的新型业务部署模式。业务路径选择策略是业务链的核心技术, 直接影响网络性能与业务体验。针对现有业务路径选择策略存在的单一目标缺陷, 创新提出并仿真验证了一种基于时延和负载的最小权重法, 优化网络资源分配, 提升业务链处理性能, 为运营商未来网络和资源部署提供技术参考。

关键词: 业务链; 业务路径; 网络时延; 网络负载

中图分类号: TN919

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2017111

SFP selection algorithm for SFC

ZHU Yongqing, GONG Xia, CHEN Huanan

Guangzhou Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

Abstract: In order to achieve the new business deployment model by the convergence of cloud and network, SFC technology has been promoted greatly. As one of the key technologies in SFC, the SFP selection strategy affects the network performance and business experience directly. Aiming at the single target defect existing in business path selection strategy, the minimum weight algorithm based on the network delay and load was proposed and simulated. It could optimize the resources allocation and improve the network performance. A technical reference was provided for the operators to deploy the network and resources in the future.

Key words: service function chain, service function path, network delay, network load

1 引言

SDN/NFV 技术的应用促使互联网向异构网络演进, 虚拟化网元将成为主流, 如何实现灵活业务模式成为焦点^[1,2]。同时上层应用提出灵活调用网络能力的迫切需求, 以提供灵活的业务选择。在此背景下, 业务链 (service function chain, SFC) 应运而生^[3], 并迅速成为产业界各方的研究投入方向。业务链可按照用户需求, 灵活地使用用户流

量按序通过相应的网络功能 (service function, SF) 单元进行处理, 以实现用户不同流量的处理目标。基于集中式控制理念, 业务链可实现网络资源整合和共享, 支持端到端的网络业务编排功能, 从而实现一体化业务提供, 极大地提高业务功能部署的灵活性及快捷性。

业务链实现方案涉及业务链封装格式、业务链组网拓扑、业务路径 (service function path, SFP) 选择策略等关键技术, 其中业务路径选择策略直



接影响网络的处理效率,得到广泛关注。目前业务路径选择策略主要包括网络时延最小算法^[4]、负载均衡算法^[5,6]等,其中参考文献[4]给出了一种业务链中权衡网络端到端时延和 VNF (virtualization network function) 资源利用率的方法,在减少网络时延的同时,降低建网成本,但是这种方式没有考虑网络负载等因素,在网络流量较大的情况下,易造成网络拥塞,降低用户体验;参考文献[5]提出了一种负载均衡的业务路径选择方法,通过线性处理业务链中 SF 负载情况,实现网络负载分担。但是此算法采用单一目标和逐跳最优的选路方式实现,导致网络时延增加。针对上述分析,为了提高业务链系统业务处理性能,需考虑网络中多个尺度因素对网络性能的影响。但是另一方面又会增加算法复杂度,给网络带来计算和存储负担。综合考虑网络性能和算法复杂度,本文基于业务链架构及关键技术研究,提出了一种新型业务链业务路径选择算法,同时考虑时延和负载因素,提升算法的普适性与实用性,并通过仿真验证了其实现效果,为后续业务链部署提供技术基础。

2 业务链技术总体架构

业务链架构^[7]如图 1 所示,主要功能组件包括业务链编排器、业务链控制器、策略控制器、

业务功能控制器、流分类器、业务功能转发 (service function forwarder, SFF) 节点及 SF 等^[8]。

业务链编排器将业务链服务所需的基础资源预置传递至控制器,包括流分类器、SFF 和 SF 的预置及基础配置。业务链控制器主要实现业务链特性的网络控制功能,包括业务链所需的 overlay 网络管理及业务链路径计算和流表下发等功能。策略控制器根据用户的指令制定相关的业务链策略,负责把流量的分类策略下发到流分类器。业务功能控制器主要实现对业务功能的管理和资源配置。流分类器根据策略控制器下发的策略,对进入业务链的业务流量进行分类和标识。SFF 是服务功能转发模块,主要功能包括对业务报文的封装和解封装、实现对业务处理的顺序执行。SF 为服务功能单元,提供相应的网络增值业务。

业务链中流量分类的颗粒度可根据设备能力、客户要求和提供的服务而有所不同。流分类器对流量进行分类并确定需经过的业务功能链,另外在给定的业务链中可以通过后续流量分类来改变应用的业务功能的顺序。同时对称流量分类可确保正向和反向业务处理,类似地,也可以通过流量分类实现相对于所需业务功能链的非对称性^[3]。目前,业务链中还没有成型的流量分类相关标准,但业界实现网络流量分类的方法相对成熟,可根据需要参考采用深度分组检测或机器学习

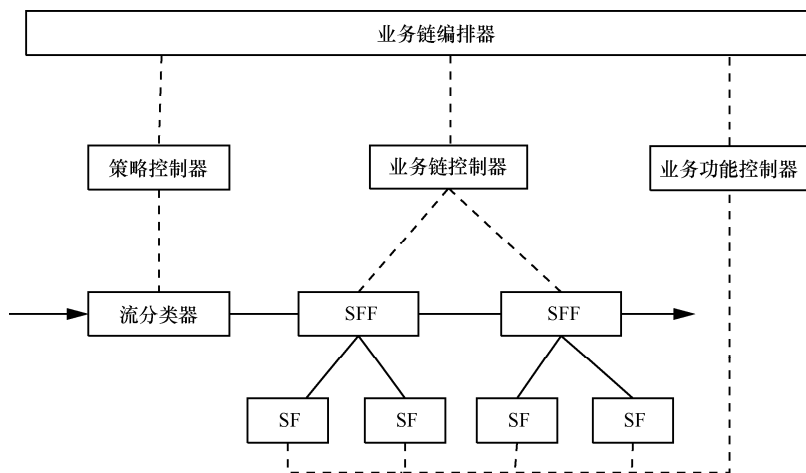


图 1 业务链架构

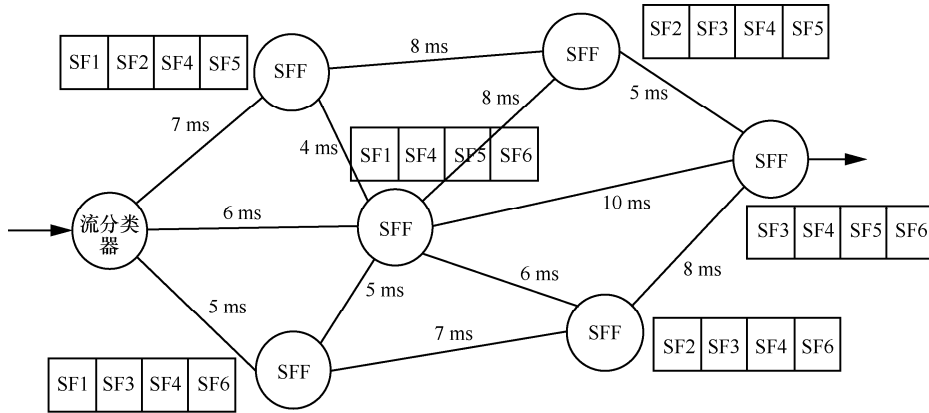


图2 业务链组网模型

习等方法实现。

业务链实现流程如下：

- 流分类器对进入业务链的流量进行分类，确定所需经过的有序SF单元集合；
- 按照所需经过的有序SF集合，基于特定的业务路径选择策略确定相应的有序SFF集合；
- 流量依次经过这些SFF，实现业务的处理。

SFF部署有多种组网模式，包括串型、星型及分布式串型等^[9]。业务路径选择与网络拓扑无关，可满足所有业务链组网模型。业务路径选择算法研究将以随机生成的网络组网架构模型为例，进行算法和仿真分析，业务链组网模型如图2所示。

3 基于时延和负载的最小权重法

由于SFF之间的时延与距离成正比，可用SFF节点之间的距离大小表示时延的高低。基于图2所示的网络模型，结合网络中节点间的传输距离和网络功能单元的负载状态，提出了一种计算网络链路权值方法。

$$w_{ij} = \alpha \cdot \frac{D_{xy}}{D_{\max}} + \beta \cdot \frac{l_y}{L_y} \quad (1)$$

其中， w_{ij} 为链路权值，其中， i 为当前SF单元， j 为下一跳的SF单元， x 为 i 所在的SFF单元， y 为 j 所在的SFF单元， D_{xy} 为 x 与 y 之间的传输距离， $D_{\max}$ 为 x 与具有 j 的SFF之间的最大

传输距离， l_y 为 y 中 j 的现有负载， L_y 为 y 中 j 的最大负载， α 和 β 为系数，并且 $\alpha + \beta = 1$ 。 α 和 β 的取值可根据网络优化指标的侧重点来定义，如传输时延和负载同样重要时，可令 $\alpha = \beta = 0.5$ 。

针对上述计算的链路权值，用户按照业务需求，计算所有经过所需网络功能单元的业务路径权值之和，即每条可选业务路径的权重，并选择一条权重最小的路径进行数据转发和处理。

$$W_{\min} = \min \sum_{ij} w_{ij} \quad (2)$$

算法流程如图3所示。

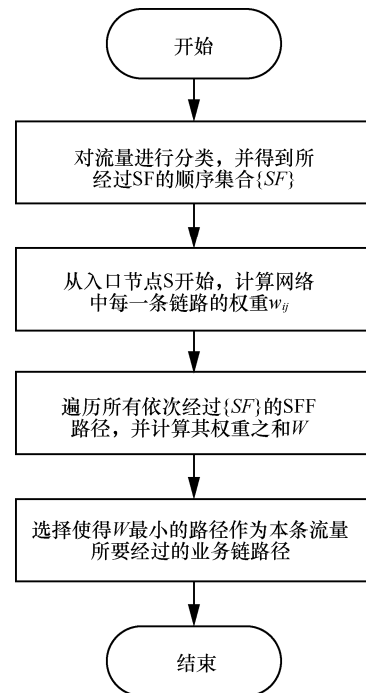


图3 基于时延和负载的最小权重算法流程



算法流程如下所示：

- 流分类器对网络流量进行分类，并得到所需经过的业务功能的顺序： $\{SF\}=\{f_1, f_2, \cdots, f_n\}$ ；
- 计算网络中每条链路（任意两个 SF 之间的）的权值 w_{ij} ；
- 按照 $\{SF\}$ 集合中的业务功能顺序，计算每条依次经过这些网络功能单元的路径权值之和 $W = \sum_{ij} w_{ij}$ ；
- 选择拥有最小权重 $W_{\min}$ 的业务路径作为所选方案。

4 仿真分析

为了验证本文所提的基于时延和负载的最小权重算法的优势，以时延最小算法和负载最小算法为对比，对 3 种算法进行了仿真。3 种算法都以整条链路性能参数为指标进行仿真，且为了避免偶然性，共仿真了 10 次。设置参数见表 1。

表 1 仿真设置参数

物理量	参数值
SFF 个数	100
SF 种类数	10
每个 SFF 中 SF 的个数	4
SFP 长度	5
仿真次数	10
α	0.5、0.25、0.75
β	0.5、0.75、0.25

网络中所有的流量都通过流分类器进入业务链，假设流分类器的编号为 101，SF 编号为 $[1,2,\cdots,10]$ ，SFF 编号为 $[1,2,\cdots,100]$ 。以第 10 次仿真结果为例，流量所需经过的业务功能单元顺序为： $\{SF\}=\{8,9,1,4,7\}$ ，通过仿真得到 3 种算法的所选的业务路径，具体见表 2 和图 4。图 4 中，没有规定网格大小，因此横纵坐标只是示意网络距离。

仿真中定义 SF 的负载状态为其处理能力占比，单个 SF 的负载为介于 0 和 1 之间的百分数，

表 2 3 种算法业务路径

算法	业务路径
基于时延和负载的最小权重算法 $\alpha=\beta=0.5$	{101,38,6,9,16,35}
基于时延和负载的最小权重算法 $\alpha=0.25, \beta=0.75$	{101,81,6,20,34,79}
基于时延和负载的最小权重算法 $\alpha=0.75, \beta=0.25$	{101,38,51,49,38,38}
最小时延算法	{101,38,89,10,10,38}
最小负载算法	{101,4,63,20,45,12}

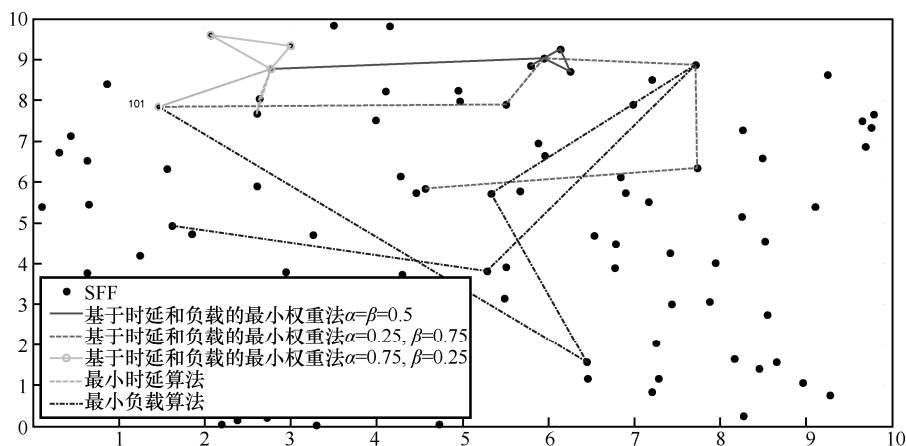


图 4 3 种算法业务路径方案

定义传输时延为每跳数据传输所需时延。网络中所选业务路径的总负载为路径中所有 SF 负载之和；所选业务路径的总时延即业务路径中每跳数据传输时延之和。从图 4 可看出，最小时延算法所选业务路径最短，最小负载算法所选业务路径最长，而基于时延和负载的最小权重法中， α 越大，越侧重于时延因素，所选业务路径越短。这是因为基于负载最小的业务路径选择算法仅仅考虑网络功能单元的负载，从而带来了时延上的代价。下面对 10 次仿真结果进行分析，分别对比了 3 种算法的链路总时延和链路总负载情况，具体如图 5、图 6 所示。

如图 5、图 6 所示，在 10 次仿真过程中，时延最小算法的网络时延都是最小的，但是链路的

总负载则相对很大；相反，负载最小算法的网络负载都是最小的，但是链路的总时延却很大。而基于时延和负载的最小权重法得到的网络时延和负载虽不是最小，但却不会出现一方很大的情况，两者都在可接受的范围内。这是由于基于时延和负载的最小权重法同时考虑了网络时延和负载的情况，权衡了两者的影响而选择折中的方案。网络中具体 SF 的选取也与 α 和 β 的取值有关， α 越大、 β 越小，所选业务路径网络时延越小，负载则相对越大。

仿真结果表明，基于时延和负载的业务路径选择方案，通过选择网络链路总代价最小的业务路径，实现业务链端到端链路的灵活选择，降低网络时延，达到负载均衡，优化业务处理性能。

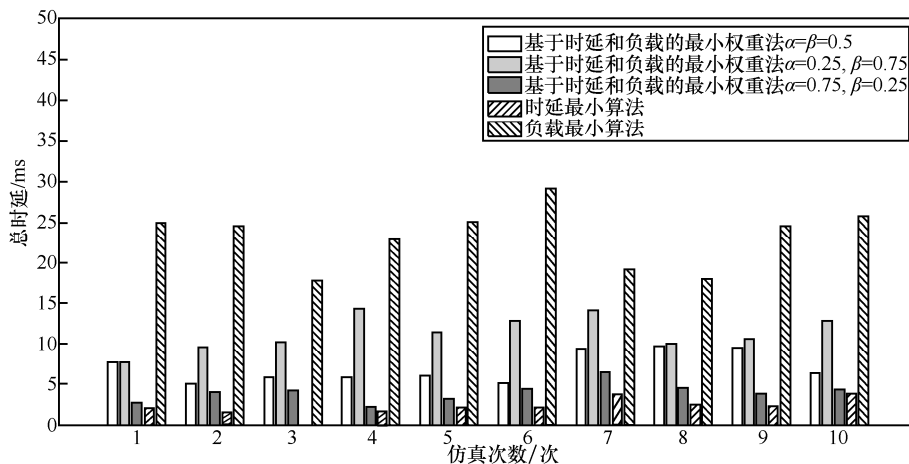


图 5 3 种算法的业务路径总时延对比

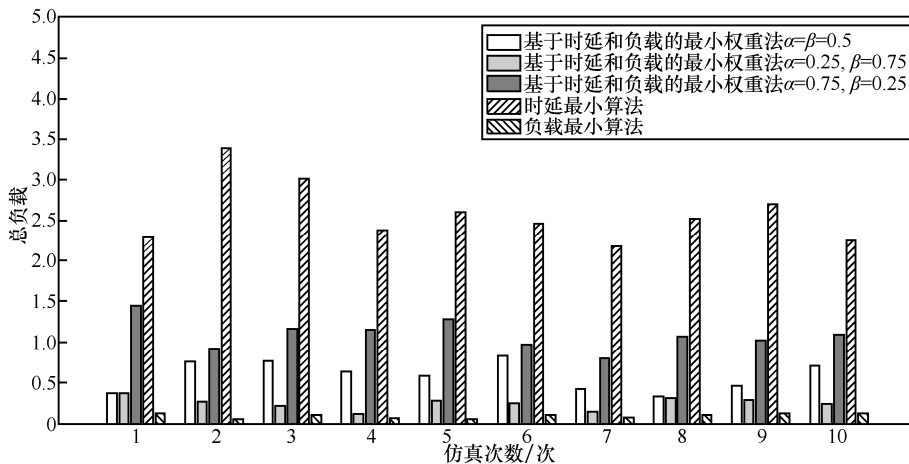


图 6 3 种算法的业务路径总负载对比



5 结束语

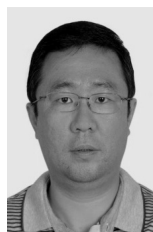
业务链是未来网络业务承载的终极目标，其核心要素研究处在百家争鸣阶段，不断推动业务链发展。现阶段，暂无成熟可用的商用产品，标准组织和开源组织进行了实验室概念验证。目前所提出基于时延和负载的最小权重算法，可提高网络处理性能，对运营部署具有参考意义。后续将结合业务链封装技术、业务链控制和编排等技术进一步优化算法，提升其实用性。

参考文献:

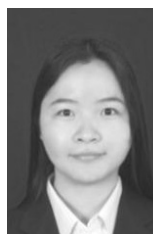
- [1] 韦乐平. SDN 的战略性思考[J]. 电信科学, 2015, 31(1): 7-12.
WEI L P. Strategic thinking on SDN [J]. Telecommunications Science, 2015, 31(1): 7-12.
- [2] 何晓明, 冀晖, 毛东峰, 等. 电信 IP 网向 SDN 演进的探讨[J]. 电信科学, 2014, 30(6): 131-137.
HE X M, JI H, MAO D F, et al. Discussion of evolution of carrier IP network to SDN [J]. Telecommunications Science, 2014, 30(6): 131-137.
- [3] IETF. Problem statement for service function chaining: RFC7498[S]. 2015.
- [4] CHUA F C. Stringer: balancing latency and resource usage in service function chain. provisioning[J]. IEEE Internet Computing, 2016(20): 22-31.
- [5] QAZI Z A, TU C C, CHIANG L, et al. SIMPLE-fying middle-box policy enforcement using SDN[C]//ACM SIGCOMM 2013 Conference on SIGCOMM, August 12-16, 2013, Hong Kong, China. New York: ACM Press, 2013: 27-38.
- [6] SONG W E, JUNG S H. Load balance system for the sfc based DLP solution[J]. The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences, 2016, 41(4): 451-453.

- [7] HALPERN E J, PIGNATARO E C. Service function chaining (SFC) architecture[J]. 2015.
- [8] 杨绍光, 王翔, 贾智宇. 基于 SDN 和 NFV 的业务链管理系统研究[J]. 信息通信技术, 2016, 10(2): 23-27.
YANG S G, WANG X, JIA Z Y. Research of service chaining based on SDN and NFV[J]. Information and Communications Technologies, 2016, 10(2): 23-27.
- [9] 唐宏, 罗雨佳. NFV 业务链资源分配技术[J]. 电信科学, 2015, 31(11): 143-148.
TANG H, LUO Y J. NFV service chain resource allocation technology[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(11): 143-148.

[作者简介]



朱永庆（1974-），男，中国电信股份有限公司广州研究院高级工程师，主要从事网络新技术、SDN/NFV 技术及 5G 技术的研究工作。



龚霞（1991-），女，现就职于中国电信股份有限公司广州研究院，主要从事新 IP 网络技术、SDN 及业务链技术和 5G 相关技术研究工作。



陈华南（1981-），男，中国电信股份有限公司广州研究院工程师，主要从事新 IP 网络技术、SDN/NFV 技术及 5G 技术研究工作等。