



基于双边市场多归属结构的 SDN 资源管理机制^{*}

诸葛斌¹, 邓丽¹, 戴国伟¹, 王伟明¹, 兰巨龙²

(1. 浙江工商大学信息与电子工程学院 杭州 310018;

2. 国家数字交换系统工程技术研究中心 郑州 450002)

摘要: 现有 IP 网络在近几十年创新不足, 软件定义网络(SDN)也许是下一轮的网络技术革命, 并将带来巨大的市场潜力。从 SDN 架构出发, 通过分析 OpenDaylight 项目和双边市场理论, 提出了基于双边市场多归属结构的 SDN 资源管理体系结构和一种扩展的 FPM 多平台选择算法。在仿真测试中, 主要通过单双平台在不同资源分配策略下的任务完成时间和代价来说明该体系的优势, 由此实现了 SDN 中资源的合理分配, 并提高了网络的可靠性。

关键词: 资源管理; 软件定义网络; 双边市场; FPM 模型; 多平台选择算法

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.05.009

SDN Resource Management Mechanism Based on Bilateral Market's Multi-Homed Architecture

Zhuge Bin¹, Deng Li¹, Dai Guowei¹, Wang Weiming¹, Lan Julong²

(1. School of Information and Electronic Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China; 2. National Digital Switching System Engineering & Technological Research Center, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In recent decades, the existing IP network has little innovation, SDN may be the next round of the network technology revolution, and it will bring the huge market potential. From the SDN architecture by analyzing the OpenDaylight project and the concept of bilateral market, a SDN resource management architecture based on bilateral market and a multi-platform selection algorithm based on the extension of FPM were proposed. In the simulation test, the advantages of the architecture were proved through task completion time and cost on single or double platform under different task allocation strategy, and the reasonable allocation of resources was implemented and the reliability in SDN was improved.

Key words: resource management, software defined networking, bilateral market, fixed-pricing mechanism model, multi-platform selection algorithm

1 引言

迄今为止, 互联网已经发展了 40 多年, 世界上很多国

家已经将其作为重要的社会基础设施进行建设, 很大程度上改变了人类社会的生活及工作方式。然而, 随着无线通信、传输技术、计算技术的不断发展, 现有的互联网架构越

^{*} 国家重点基础研究发展计划(“973”计划)基金资助项目(No. 2012CB315902), 国家自然科学基金资助项目(No. 61379120, No. 61102074, No. 61170215), 浙江省重点科技创新团队资助项目(No. 2011R50010-11, No. 2011R50010-17), 浙江省重点实验室资助项目(No. 2013E10012)



来越不能满足用户不断增长的需求。构建网络所使用的交换机、路由器和其他设备,已变得极其复杂,因为它们越来越多地实现了由 IETF 等组织标准化的分布式协议和内在的封闭专有接口^[1]。在新的需求面前,互联网原来的分层数据中心的主要不足包括:服务器到服务器的连接和带宽受限、规模较小、资源分散、纵向扩展成本高、路由效率低、配置开销较大、不提供服务间的流量隔离和网络协议待改进等,这些问题的出现使得新型的数据中心网络需要满足大规模、高扩展性、高顽健性、低配置开销、灵活的拓扑和链路容量控制、低成本等^[2]。

软件定义网络 (software defined networking, SDN) 的出现解决了以上问题。SDN 是由美国斯坦福大学 Clean Slate 研究组提出的一种新型网络创新架构,其核心是将网络设备的控制面与数据面分离,通过在控制面直接编程实现对网络流量的灵活控制。在开放网络基金会 (ONF) 的领导下,SDN 的转发控制分离架构使得底层基础设施被抽象成为网络的一个逻辑或虚拟实体提供给应用程序和网络服务^[3]。

近年来,SDN 的热度持续升温。2012 年,国际研究机构 Gartner 将其列为未来 5 年内 IT 领域十大关键技术之一。同年,谷歌宣布已在其内部骨干网络上使用 SDN 技术,标志着 SDN 进入商用化阶段。本文从 SDN 架构出发,通过分析 OpenDaylight 项目和双边市场理论,提出了基于双边市场多归属结构的 SDN 资源管理体系结构。该体系结构主要通过多平台的选择降低网络故障问题,从而提高通信网络的可靠性。

2 OpenDaylight 概述

2013 年 4 月,由 Cisco、IBM、微软、英特尔等超过 18 家互联网巨头成立了开源 SDN 项目——OpenDaylight,该项目由 Linux 基金会执行董事 Zemlin J 主持,其成员将为项目提供人力及物力支持。OpenDaylight 希望打破供应商对网络设备的垄断,缩短网络创新的生命周期,为网络管理提供更灵活和廉价的解决方案。2014 年 2 月 4 日,OpenDaylight 宣布提供第一款自己的软件即“Hydrogen”(氢)软件的下载。Hydrogen 发布后,各企业、服务提供商、设备供应商和研究人员可以在网上下载软件包,作为评估、商业化和部署软件定义网络和网络虚拟化的基础。Hydrogen 有 3 个版本:基础版、虚拟化版和服务提供商版。

2.1 OpenDaylight 项目研发范围

在 OpenDaylight 发展过程中,采用了处理大数据的 Hadoop 以及基于 Webkit 浏览器的类似研发方案。OpenDaylight 是一个非盈利组织,所有成员都不能独立决定整个项目的发展,在其成员内部选择最佳的实现代码。以代码整合和工程主导的方式研发核心的基础设施软件,网络设备供应商将公开研发资源,通过这些资源开发基础设施软件的增值产品。同时,OpenDaylight 也是一个研发实体,未来将与作为标准化实体的 ONF 形成互补。

OpenDaylight 项目的研发范围如图 1 所示,主要包括以下 3 方面:

- SDN 控制器的研发;
- 北向和南向 API(包括 OpenFlow)的专有扩展;
- 多个控制器之间的东西向协议实现。

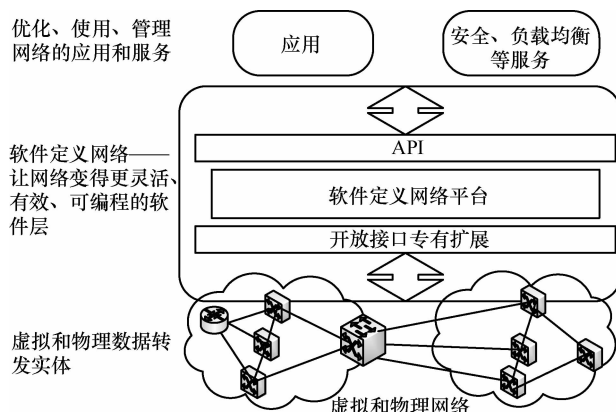


图 1 OpenDaylight 项目研发范围

以此为目标,OpenDaylight 最终将开发完善的 SDN 新技术(包括逻辑上集中的 SDN 控制器),通过开放 API 把上层的网络应用、底层的交换机和其他网络设备与控制器连接起来,同时为网络应用、虚拟网络拓扑和其他组件的软件实现提供技术支持。

2.2 基于 ForCES 的 OpenDaylight 主体框架

OpenDaylight 作为一个开源项目^[4],其核心是模块化、可插拔、灵活的控制平台。SDN 的基本思想是从网络设备中把控制能力解耦出来,集成到逻辑上集中的控制视图——控制器平台中,从而除了设备供应商能编程和定义控制能力以外,其他普通用户也可进行同样的编程操作。IETF 的 ForCES 架构能很好地满足控制与转发分离的需求,目前其 ForCES 工作组已经正式发布了 12 个 RFC 标准,本文在现有的 OpenDaylight 平台上将本课题组开发的

ForCES 中间件移植到 OpenDaylight 框架中。基于 ForCES 的 OpenDaylight 主体框架如图 2 所示,与 ONF SDN 架构类似,包含以下几层。

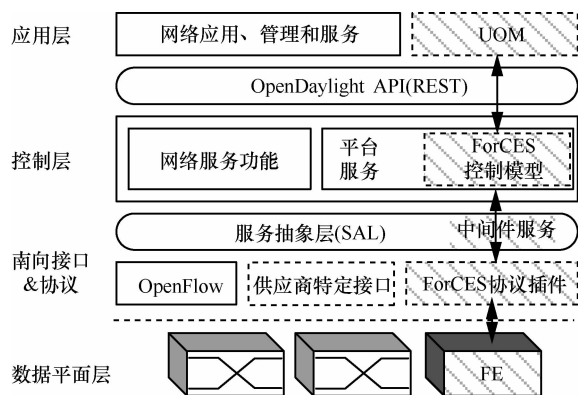


图 2 基于 ForCES 的 OpenDaylight 主体框架

- 应用层:顶层由使用网络的应用程序组成,用于网络的正常通信。这一层也包括业务和网络逻辑应用程序,以监控网络行为。
- 控制层:OpenDaylight 分层架构的中间层,SDN 控制器向应用层公开和提供一组通用 API (通常被称作北向接口),同时实现一个或多个协议(通常被称作南向接口)控制网络中的物理硬件设施。在这层中,本文加入 ForCES 控制模型。ForCES 控制模型主要由多个 CE(控制件)组成,管理和控制多个 FE(转发件),CE 具有灵活配置 FE 内各 LFB(logical functional block,逻辑功能块)的功能,通过构造不同的 LFB 拓扑结构,使得网络设备能够完成各种不同的业务。为了 ForCES 的正常运行,还需在 SAL(service abstract layer,服务抽象层)中插入 ForCES 协议插件。
- 数据平面层:底层由物理和虚拟的交换机、路由器等其他设备组成,构成内部网络之间所有端点的连接结构。在 ForCES 中,数据平面层中的资源被抽象成 LFB。在本文中,销售商层的资源用 LFB 描述,这些 LFB 是对物理网络节点中异构异质的资源进行重构抽象而产生的,是一种逻辑实体。

3 基于双边市场的 SDN 研究

近年来,随着云计算、虚拟化、大数据等新技术的发展,各个企业提出了精简网络架构和提升业务质量的需求。未来网络逐渐从面向连接转为面向应用,在这种大背

景下,SDN 作为新型网络创新架构,即时登上网络舞台,成为引领变革的新主角^[5]。如今,各种学科间不再局限于单纯的某一领域的研究,而是跨学科、跨领域研究,该研究适应时代的发展需求。本文主要将 SDN 与经济学中的双边市场进行结合形成一个交叉学科来研究。

3.1 双边市场的介绍

“双边市场”理论是国际学术界和产业界研究的热点和前沿领域。真正对双边市场的研究始于 2000 年前后,主要由一系列针对国际信用卡产业的反垄断案例所引发。Armstrong 在 2004 年提出,双边市场是指两组参与者需要通过中间层或平台进行交易,而且一组参与者加入平台的收益取决于加入该平台另一组参与者的数量。Wright 在 2004 年指出双边市场涉及两种类型截然不同的用户,每一类用户通过共有平台与另一类用户相互作用而获得价值。Rochet 和 Tirole(2004 年)在只存在使用外部性的情况下,定义和区分了双边市场和单边市场。下面主要对双边市场的特点、结构以及双边市场中的非对称定价策略标准进行介绍。

3.1.1 双边市场的特点

双边市场基本特征的共识主要有 3 点。

(1) 具有交叉或者双边网络外部性

自 Katz 和 Shapiro(1985 年)开始,有大量文献研究市场内的网络外部性问题。但在某些情况下,如媒体产业,网络外部性发生在两个市场之间,在某一特定市场上生产的产品效用随着对另一市场所生产产品的需求数量而变化,反之亦然,这就称作双边网络外部性。

(2) 具有价格非对称性

当平台企业索要的价格总额不变时,可以通过调整对双边用户的收费实现利润最大化,而不是按照边际成本等于价格(边际收益)的原则确定,此时平台企业对用户的定价不对称,即倾斜式定价。不对称定价能吸引用户参与,并内部化用户间的网络外部性。

(3) 需求的互补性或相互依赖性

双边用户同时对平台企业的产品有需求时,产品才有价值^[6]。

双边市场在现实世界中存在较为广泛。许多传统产业如媒体、中介业和支付卡系统都是典型的双边市场。随着信息通信技术的迅速发展与广泛应用,又出现了多种新型的双边市场形式,如 B2B、B2C 电子市场、门户网站等。



3.1.2 双边市场结构和非对称定价策略标准

双边市场的结构主要分为以下几种：基本市场结构、存在中间服务提供商的结构、消费者多归属结构、平台互联互通和存在中间服务提供商的平台互联结构。而在本文中主要讨论消费者多归属结构。这种结构是双边市场中的常态行为,是消费者之间存在多归属的情况,消费者希望在多个平台上登录以接触广泛的潜在交易对象。如图3所示是消费者多归属结构。

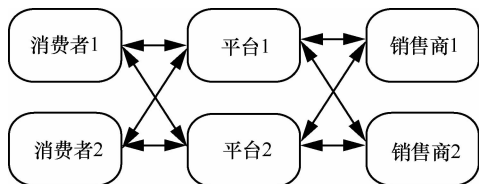


图3 消费者多归属结构

非对称定价策略是指对用户制定比较低的或者免费的价格,吸引用户到相应的平台上来,然后利用网络外部性的作用,吸引另外一边的资源提供商到平台上交易,同时制定比较高的价格弥补平台运营成本并实现盈利。结合一个例子来说明,淘宝网中网络平台的收费方式大概分为会员费、服务费、广告费和交易费4种,表1对淘宝网中消费者和商户的收费进行了比较,可以看出该平台主要是利用对消费者采取完全免费的非对称定价策略吸引消费者,从而达到交易量上涨的目的。

表1 消费者和商户之间的收费标准比较

	会员费	服务费	广告费	交易费
消费者	免费	免费	无	免费
销售商	收费	收费	收费	收费

依照双边市场理论,该平台运行的基本原理就是:用尽可能低廉的收费获得尽可能大的用户规模,再以尽可能大的用户规模赢得尽可能多的商户,从而以从商户服务中获取的收费来弥补平台运营的亏损,最终获得盈利^[7]。

3.2 基于双边市场多归属结构的SDN资源管理模型

在人类社会的商品市场中,经济学家已经提出了很多微观经济和宏观经济方面的经济模型,成为对商品价格预测和管理的重要工具。目前,一些经济模型已经尝试用于数据库管理、CPU周期、存储和分布式计算等系统,如Mariposa^[8]、Mungi^[9]、JavaMarket^[10]。其中,一些经济模型也可以用于网络资源的管理,如商品市场模型、牌价模型、议价模型、招标/契约模型和拍卖模型等^[11],结合经济学、数学和

统计学等相关理论,明确影响经济变化的关键因素,通过建模分析市场经济中的商品需求、供给与价格之间的关系。

双边市场中的消费者和销售商对应于网络中的用户和提供商。在最底层的为资源设备层,捕获各个物理资源的QoS属性,以支撑中间层的各类QoS^[12]。网络运营商是网络提供商,不仅需要从网络角度知道网络运行状况,还需要从服务角度知道网络运行状况。此外,需要在提供多媒体服务和应用时有效利用网络资源。本文主要通过双边市场与SDN进行结合,对SDN框架中的资源进行多平台选择,使得消费者可以以更低的价格选择自己想要的资源,实现资源的合理分配。

在OpenDaylight架构的SAL中,利用ForCES中间件服务对资源分配进行优化,并通过仿真说明如图4所示的基于双边市场多归属结构的SDN资源管理体系结构的优越性。

SDN资源管理体系结构主要由3部分组成,分别为消费者层、SDN控制器层和销售商层。资源调度可分为以下几个步骤。

(1)消费者层对应于OpenDaylight框架中的应用层。在消费者层中,消费者对SDN控制器提出自己的要求,包括所需资源和交易所必须的信息,如价格、时间限制、偏好等,并通过UOM和OpenDaylight API(REST)传递给SDN控制器。

(2)SDN控制器层主要由OpenDaylight控制器和多平台管理系统层组成,并进行统一控制管理,通过OpenDaylight API(REST)接收来自消费者层的要求,将该要求在OpenDaylight控制器汇总整理后提交给多平台管理系统层。多平台管理系统层是依照双边市场的消费者多归属结构构造的。图5是对图3的扩展。多平台管理系统主要负责资源发现和资源选择,根据销售商信息和用户的服务要求选择不同的平台进行交易。在该选择中采用基于扩展的FPM(fixed-pricing mechanism,固定价格机制)的价格选择算法来确定交易价格。

(3)销售商层对应于OpenDaylight框架中的数据平面层,主要负责资源的实时更新,根据市场信息动态调整各个交易平台上的交易价格和数量。其中,销售商层和SDN控制器层通过南向接口ForCES协议调度。资源选择功能实现对销售商层LFB库中的不同LFB进行选择,并转发到多平台管理系统层中进行资源的调度。

上述基于双边市场多归属结构的SDN资源管理体系

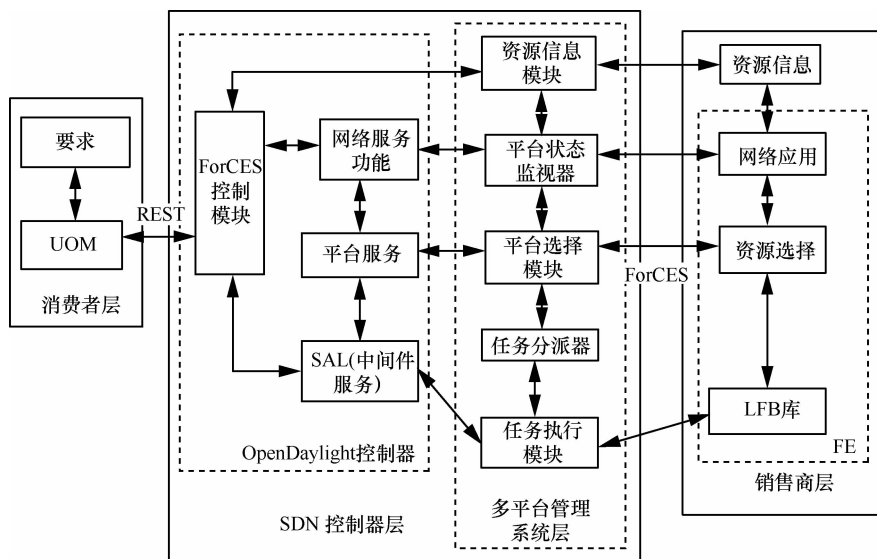


图4 基于双边市场多归属结构的SDN资源管理体系结构

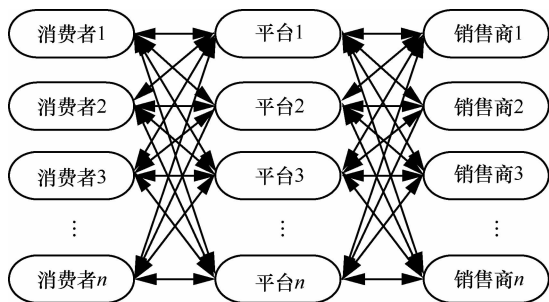


图5 多平台管理示意

结构提供了对资源的集中管理能力,并且能适应环境和用户需求的变化,具有可编程、可扩展的特点,非常适合于SDN环境下分布、动态、自治且异构的大量资源的管理和分配。在SDN中,本文采用迭代选择算法进行资源的选择。其中,销售商所要解决的问题是在不同的网络和业务领域选择一组服务实例化,以满足用户的不同QoS^[13]要求。该资源管理体系结构模型在优先和最有效地利用资源方面显示出巨大的潜力。

4 基于FPM的价格选择算法

4.1 FPM模型介绍

在市场上商家提供商品并且决定价格曲线,设价格曲线为一个向量 P ,表示如下:

$$P=(P_1, P_2, P_3, \dots, P_N) \quad (1)$$

其中, P_i 表示当购买商品数量为 i 时的单位价格。当采用FPM模型时,即各个价格都相同。根据Chen J^[14]等人的

研究,有如下规则和策略。

规则I 如果竞拍向量是 $B=(b_1, b_2, b_3, \dots, b_n), n \leq N$ (N 为商品储备量),交易价格为 $P(B)=P_q$,其中交易量 q 表示为:

$$q=\max(i | \sum_{j=1}^n H(b_j - p_i) \geq i) \quad (2)$$

其中, H 为0-1函数,即若 $x \geq 0, H(x)=1$;若 $x \leq 0, H(x)=0$ 。

当交易价格为 P 时,顾客出价不小于 P 方能交易成功,成交价为 P ;出价低于 P 的顾客无法完成交易。

策略S 若潜在顾客对商品的估价 v ,设其购买函数 $V(p)$ 为:

$$V(p)=\begin{cases} p_1, & v \geq p_1 \\ p_j, & p_j \leq v < p_{j-1}, j \in [2, N] \\ 0, & v < p_N \end{cases} \quad (3)$$

其中,“0”表示潜在顾客没有拍下货物或者拍下后没有付款; p_j 为式(1)价格向量中的分量,当顾客估价 v 位于2个分量之间时,则取较小值。S策略表明,当 p_N 高于潜在客户内心估价时,潜在顾客会放弃购买;反之,潜在顾客会购买该产品。

根据规则I和策略S,产品的总销售量为:

$$\text{quantity}(V_n, P)=\max(i | \sum_{r=1}^n H(v_r - p_i) \geq i) \quad (4)$$

其中, $V_n=(v_1, v_2, v_3, \dots, v_n)$ 表示 n 个潜在顾客对商品的内心估价, $v_j(j=1, 2, 3, \dots, n)$ 表示第 j 个潜在顾客的估价。商家的收益表示为:



$$quantity(V_n, P) \cdot (P_{quantity} - C) \quad (5)$$

其中, $quantity$ 表示总销售量, V_n 表示 n 个潜在顾客对商品的内心估价, C 为单位商品成本^[15]。

4.2 FPM 模型的扩展

博弈论是经济学的标准分析工具之一, 是用于研究具有竞争性质或现象的数学理论和方法, 近年来, 开始广泛应用于计算机科学领域的流量工程、网络安全以及体系结构的发展等各个方向^[16,17]。上文提到的 FPM 模型为资源价格的选择和供应商的收益提供了一种静态的方法。在博弈论的基础上, 根据 SDN 的资源虚拟化和可编程特性提出了一种动态的资源价格选择算法。

为了动态地反映网络资源的使用情况, 资源提供者(运营商)通过字节数计费的动态方案出售网络资源, 用户根据价格策略动态调节自身在不同平台上的选择。本文采用分布式迭代算法完成资源价格的选择过程。

用户的效用函数为:

$$U_i(x) = \partial \log(1+x) - D_j \quad (6)$$

其中, ∂ 是一个大于零的常量, x 表示用户获得的资源量, D_j 表示在运营商 j 上进行交易所需的费用。

运营商的效用函数为:

$$G(i) = quantity(V_n, P) \cdot (P_{quantity} - C) \quad (7)$$

$G(i)$ 表示第 i 个资源提供者获得的收益。

整个迭代过程采用如下循环: 资源提供者在每个时刻 t , 根据式(2)重新制定交易价格。用户收到新的价格消息后, 在每个时间间隔 ε 内, 根据式(6)和式(7)分别计算用户和资源提供者的效用值, 并进行相应调整使用户的效用达到最大。如果此时所有运营商的效用也达到最大, 则停止迭代, 否则在下一时刻 $\varepsilon+1$, 资源提供者根据用户的要求重新计算效用函数值继续迭代^[18]。

分布式迭代算法的伪代码如下所示。

Set resourceSet={1, 2, ..., m};

Set userSet={1, 2, ..., n};

Initialization

Initialize value for

$P_i, \exists i=1, 2, \dots, m;$

$b_j, \exists j=1, 2, \dots, n;$

$t=0;$

Iteration

While $\exists j \neq \{U_i(x)\} j=1, 2, \dots, n;$

For each moment t , each resource i changes its

price P_i by equation(2);

End While;

End;

通过该动态的资源价格选择算法确定价格后, 分别利用两种不同的分配策略进行任务的调度。在此主要讨论两种任务调度策略: 顺序分配策略和贪心策略。

(1) 顺序分配策略

顺序分配策略主要是把一组任务顺序分配给一组资源, 当所有资源都有任务分配时, 再从第一个资源开始从头分配任务。该方法尽量保证每个资源都分配到相同数量的任务以平摊负载, 并不考虑任务的需求和资源之间的差异。

(2) 贪心策略

贪心策略的目的是让所有任务的完成时间接近最短, 主要考虑任务长度和资源执行速度两个参数。这种策略反映了越复杂的任务需要执行速度越快的资源来完成, 以解决复杂任务造成的瓶颈, 降低所有任务的总执行时间^[19]。

本文仿真主要对这两种算法进行对比, 并分别在单、双平台上演示得出仿真结果。

4.3 基于扩展的 FPM 多平台选择算法描述

根据扩展的 FPM 模型, 为图 5 中的多平台管理提供了一个选择策略。该策略的目的是用最少的资源和价格完成消费者的要求。其基本思想是根据 FPM 模型中商家提供的价格加上平台服务的部分费用与消费者提供的价格进行对比, 从而选择最合适的平台。策略具体描述如下。

(1) 资源信息发现: 通过多平台管理系统中的资源信息模块统计消费者层和销售商层的资源请求和资源量。

(2) 计算交易价格: 根据扩展的 FPM 模型计算交易价格和对应的平台使用费用。

(3) 平台选择: 根据双边市场中的非对称定价策略标准, 按照平台使用费及资源价格与消费者所能提供的价格进行对比选择适合的平台。

(4) 调度任务: 重复以下调度过程直到未处理任务列表为空, 或者处理时间达到用户要求的截止期限, 或者执行花费超过用户预算。

- 根据以前任务平台的选择进行计算和推测, 预测并确定每个平台的使用率。
- 按照平台使用价格递增的顺序对平台进行排序。如果两个或更多平台的价格是相同的, 将服务速度快的排在前面。对每个平台, 基于它的使用率, 预测并建立该平台在截止期限前可以处理的任务数。

- 生成平台组,组中的每个平台具有相同的价格。
- 按照价格对平台组进行排序。
- 对每个平台,如果有在前一次调度中分配到任务但还未执行的,把合适数量的任务移至未分配任务列表,有助于平台使用率的更新。
- 对于完成所有任务的任务列表,从未完成的任务列表选择一个任务执行。

(5)分配任务:如果还有未完成的任务,重复以下操作直到任务全部完成。

- 在不超过平台负载能力的前提下,确定能够提交到平台上的任务数目。
- 按一定的策略分配任务到平台上。

算法流程如图 6 所示。

5 仿真及结果分析

5.1 仿真环境

采用 CloudSim^[20]作为算法仿真平台,主要从任务的完成时间和任务的开销两个方面分别对基于双边市场多归属结构的 SDN 资源管理体系结构进行仿真比较,并对仿真结果进行分析。为了测试简单起见,将多平台设定为双

平台系统,对单平台和双平台的任务完成时间和平台使用费用进行比较。

首先,创建一组资源信息(见表 2),记录商家提供的不同资源的参数情况。参数有 CPU 的计算能力、提供的带宽、存储能力等,商家可以通过提供这些服务获取收益。为了简化仿真过程,仅考虑资源的计算能力。表 2 中,资源 _MIPS 表示资源的计算能力,资源价格表示资源的使用费用,交易价格表示商家提供的单位时间价格。

表 2 商家资源参数

资源名	交易价格/元	资源 _MIPS(MI·s ⁻¹)	资源价格/元
R ₀	3	278	100
R ₁	3.2	289	103
R ₂	2.4	132	47
R ₃	2.6	209	75
R ₄	3	286	102

然后,创建用户所需的任务,用户的竞拍向量 $P=\{1.2, 1.5, 2.0, 2.5, 3.1\}$,即用户所支付的单位时间资源的价格向量;任务长度 $task\ length=\{19\ 365, 49\ 809, 30\ 218, 44\ 157, 16\ 754, 18\ 336, 20\ 045, 31\ 493, 30\ 727, 31\ 017\}$,即用户提出的要求所需资源用任务长度描述。

根据商家出的交易价格,用户的竞拍向量 P 和扩展的 FPM 模型中的交易价格 $P(B)=P_q$,表示为:

$$q=\max (il \sum_{j=1}^n H(b_j-p_i) \geq i) \quad (8)$$

可以得出初始交易价格为 $P(B)=P_3=3$,当用户的出价低于 $P(B)$ 时就不再进行交易。再根据策略中产品的总销售量(式(9))和商家收益(式(10))得到商家的获利情况。

$$quantity(V_n, P)=\max (il \sum_{r=1}^n H(v_r-p_i) \geq i) \quad (9)$$

$$quantity(V_n, P) \cdot (P_{quantity}-C) \quad (10)$$

确定交易价格后再对任务进行分配。在任务分配过程中,主要采用顺序分配和贪心策略分配模式,在对虚拟化服务分配处理核心时,利用的是空间共享策略。

最后,创建一组平台,平台参数为平台的会员费、广告费、服务费和交易费。4 个费用之和即平台总的使用费用。费用越高,商家所支付的费用也越高,从而带来交易成本的提高,这将直接影响消费者对平台的选择。在此仿真中,本文利用 2 个平台进行,平台 2 的费用为 200 元,平台 3 的

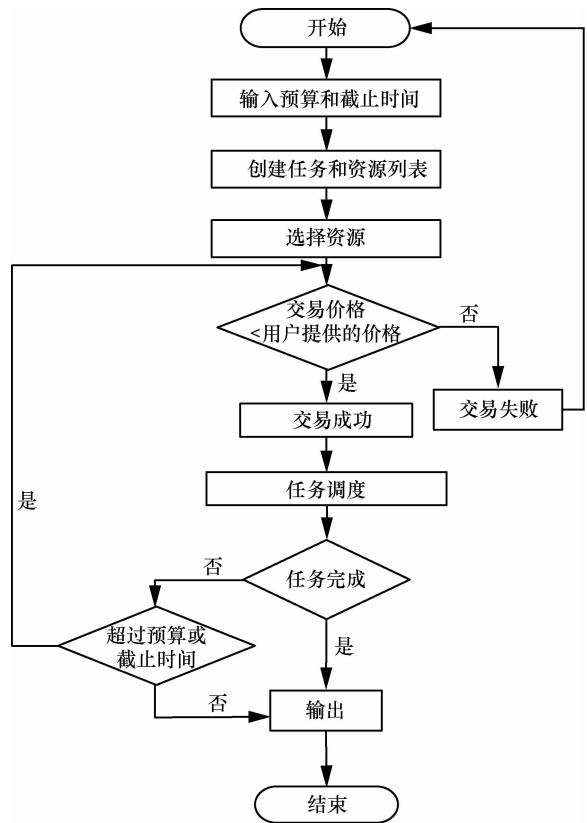


图 6 算法流程



费用为 100 元,根据不同任务在不同平台上的完成情况对总的交易费用进行比较。

在此期间,主要记录任务完成时间及价格。通过这 2 个数据将 2 个分配策略在单、双平台上进行比较。

5.2 实验仿真结果

根据不同的任务在 CloudSim 中进行仿真,本文根据不同的资源分配策略对任务进行调度,分配策略有按顺序分配和贪心策略分配方法,下面主要针对这 2 种分配方法和定价策略在单、双平台上进行仿真并将任务完成时间和价格进行比较。

如图 7 所示是按顺序分配资源的任务完成时间对比。从图 7 中可以看出,双平台无论在单个任务还是总任务的完成时间上都比单平台完成时间小。双平台总共完成时间是 1 370.78 s,单平台总共完成时间是 1 733.29 s,双平台完成时间比单平台完成时间节省约 21%。

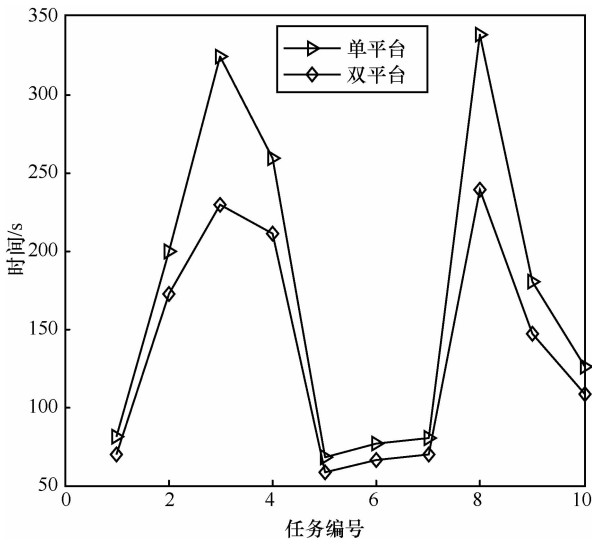


图 7 单双平台顺序分配完成时间对比

根据不同资源的使用价格、平台的使用费用以及任务的完成时间与单位时间价格的乘积得到代价仿真结果,如图 8 所示。

从图 8 中可以看出,双平台在每个任务的完成代价和总代价上都有优势。其中,双平台总共完成代价为 6 566.36 元,而单平台总共完成代价为 8 053.87 元。单平台比双平台多耗费 1 487.51 元,即双平台比单平台在完成代价上节省约 18%。

当采用贪心策略对任务进行分配后,任务完成时间(以下涉及时间的单位均为秒)、虚拟机的分配见表 3、表 4。

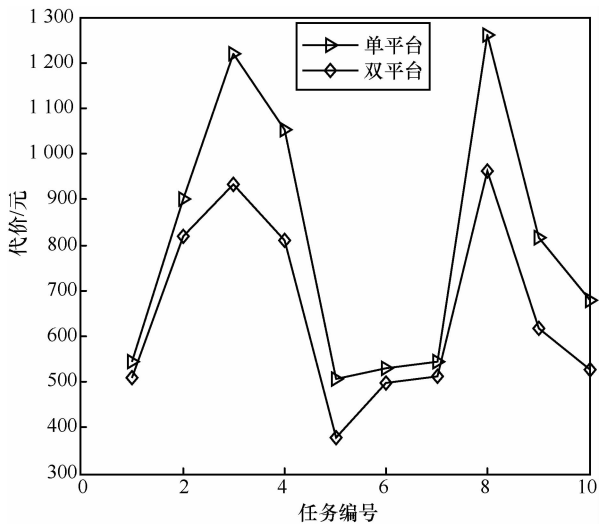


图 8 单双平台顺序完成代价对比

表 3 贪心策略单平台结果

任务编号	平台编号	资源编号	完成时间/s	开始时间/s	结束时间/s
1	2	4	78.34	0	78.34
5	2	4	67.78	78.34	146.11
4	2	1	176.59	0	176.59
3	2	3	177.64	0	177.64
6	2	2	196.84	0	196.84
2	2	0	208.33	0	208.33
7	2	4	81.23	0	227.34
8	2	0	131.77	208.33	340.11
10	2	4	125.59	227.34	352.93
9	2	3	180.74	177.64	358.38

表 4 贪心策略双平台结果

任务编号	平台编号	资源编号	完成时间/s	开始时间/s	结束时间/s
1	3	4	67.71	0	67.71
5	3	4	58.68	67.71	126.39
6	2	2	138.91	0	138.91
3	2	3	144.68	0	144.68
4	3	1	152.89	0	152.89
2	2	0	179.27	0	179.27
7	3	4	70.19	126.39	196.58
9	2	3	147.13	144.68	291.81
8	2	0	113.39	179.27	292.66
10	3	4	108.55	196.58	305.13

图 9 显示了不同任务在单双平台上使用贪心策略虚

参考文献

拟机分配的结果。从表3、表4可以看出贪心策略动态调整任务与虚拟机的分配,从而实现总体上时间的缩短。相比单平台系统,双平台系统在时间上节省17.09%,代价节省17.13%;相比顺序分配策略,贪心策略在单、双平台上节省约18%和14%的时间,而代价节省11%和9%。综上所述,无论采取顺序分配策略还是贪心策略,双平台在任务完成时间和代价上都比单平台更有优势。

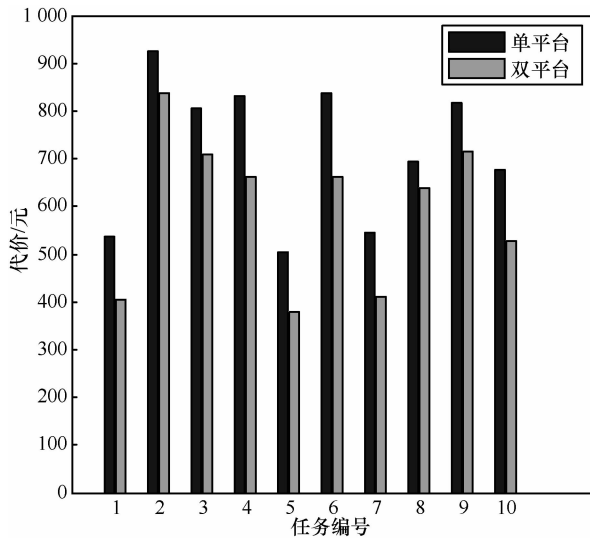


图9 单双平台贪心策略完成代价对比

以上结论证明了基于双边市场多归属结构的SDN资源管理体系结构的优越性。从完成时间和使用费用、成本上来说,双平台的使用不仅降低了任务的完成时间,并且能以更小的代价完成。其结果效用符合双平台的设想,用户可以灵活地选择不同的平台进行交易,完全从用户的角度出发,保障了用户的QoS需求。

6 结束语

由于SDN的出现有可能会打破现有网络设备的市场格局,为竞争者带来绝佳的机会,因而获得大批创业者和各利益相关方的关注与积极参与。本文主要提出了一种SDN资源管理机制,依照现有的OpenDaylight框架构建了基于双边市场多归属结构的SDN资源管理体系结构,并通过OpenDaylight和FPM模型的结合,提出了一种基于扩展的FPM多平台价格选择算法。在未来网络流量、应用请求不断增大的趋势下,本文提出的基于双边市场多归属结构的SDN资源管理体系结构能更好地满足对未来网络架构的要求。

- 1 Opennetsummit. <http://www.opennetsummit.org/why-sdn.html>
- 2 魏祥麟, 陈鸣, 范建华等. 数据中心网络的体系结构. 软件学报, 2013, 24(2):295~316
- 3 Bakshi K. Considerations for software defined networking (SDN): approaches and use cases. Proceedings of Aerospace Conference, Big Sky, MT, 2013
- 4 OpenDaylight. <http://www.opendaylight.org/>
- 5 左青云, 陈鸣, 赵广松等. 基于OpenFlow的SDN技术研究. 软件学报, 2013, 24(5)
- 6 孟昌, 翟慧元. 网络产业组织中的双边市场研究: 文献述评. 北京工商大学学报(社会科学版), 2013, 28(1)
- 7 池坤鹏. 基于双边市场理论的网络团购定价策略研究. 北京交通大学博士学位论文, 2012
- 8 Stonebraker M, Devine R, Kornacker M, *et al.* An economic paradigm for query processing and data migration in Mariposa. Proceedings of 3rd International Conference on Parallel and Distributed Information Systems, Los Alamitos, CA, 1994
- 9 Heiser G, Lam F, Russell S. Resource management in the Mungi single-address-space operating system. Proceedings of 21st Australasian Computer Science Conference (ACSC 98), Perth, Australia, 1998
- 10 Amir Y, Awerbuch B, Borgstrom R S. A cost-benefit framework for online management of a meta computing system. Proceedings of the 1st International Conference on Information and Computational Economy, Charleston, SC, 1998:25~28
- 11 Buyya R. Economic models for resource management and scheduling in Grid computing. Concurrency and Computation, 2002, 14(13)
- 12 伍之昂, 罗军舟, 宋爱波. 基于QoS的网格资源管理. 软件学报, 2006, 17(11):2264~2276
- 13 Wu J P, Liu Y, Wu Q. Theoretical research progress in new-generation internet architecture. Science China Information Sciences, 2008, 51(11)
- 14 Anand K S, Aron R. Group buying on the web: a comparison of price-discovery mechanisms. Management Science, 2003, 59(4): 1546~1562
- 15 宁连举, 冯鑫, 万志超. 网络团购最优定价模型及策略研究. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2013, 25(3):397~402
- 16 Roy S, Ellis C, Shiva S, *et al.* A survey of game theory as applied to network security. Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, Koloa, USA, 2010
- 17 Tsoukalas L H, Gao R. From smart grids to energy internet: assumptions, architectures and requirements. Proceedings of the 3rd International Conference on Electric Utility Deregulation and Restructuring and Power Technologies, Nanjing, China, 2008:94~98
- 18 姜永, 陈山枝, 胡博. 异构无线网络中基于Stackelberg博弈的



分布式定价和资源分配算法. 通信学报, 2013, 34(1):61~68

19 刘鹏. 云计算. 北京:电子工业出版社,2011

20 Rodrigo N, Calheiros R, Ranjan R, *et al.* CloudSim: a toolkit for modeling and simulation of cloud computing environments and evaluation of resource provisioning algorithms. Software: Practice and Experience, 2011(41):585~593

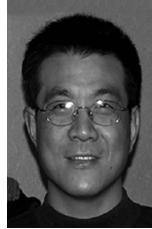


戴国伟,男,浙江工商大学硕士生,主要研究方向为未来网络体系结构。

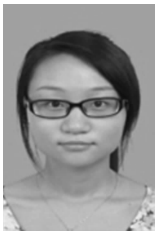
[作者简介]



诸葛斌,男,博士,浙江工商大学教授、信息与电子工程学院副院长,主要研究方向为网络与通信技术、互联网技术和网络安全。



王伟明,男,博士,浙江工商大学教授、网络与通信工程研究所所长,主要研究方向为新一代网络体系结构、开放可编程网络。



邓丽,女,浙江工商大学硕士生,主要研究方向为未来网络体系结构。



兰巨龙,男,国家数字交换系统工程技术研究中心总工程师、教授、博士生导师,主要研究方向为新一代信息网络关键理论与技术。

(收稿日期:2014-02-20)

·简讯·

2014年3月通信业主要指标完成情况(一)

指标名称	单位	本年本月止累计到达	比上年同期累计(±%)	本月
电信营业收入	亿元	3 367.8	7.1	1 197.4
其中:电信主营业务收入	亿元	2 908.3	6.5	1 055.1
电信固定资产投资完成额	亿元	510.6	4.6	284.3
固定本地电话通话时长合计	万分钟	6 397 730.2	-14.3	2 323 334.6
区间电话通话时长	万分钟	631 936.8	-18.9	233 488.3
区内电话及拨号上网通话时长	万分钟	5 765 793.3	-13.8	2 089 846.4
固定长途电话通话时长合计	万分钟	1 272 690.5	-9.4	477 247.6
国内长途电话通话时长	万分钟	1 247 768.4	-8.9	468 121.9
国际电话通话时长	万分钟	14 553.5	-31.8	5 412.1
港澳台电话通话时长	万分钟	10 368.6	-23.4	3 713.6
移动电话通话时长合计(含本地)	万分钟	70 840 537.5	2.1	25 601 162.3
移动电话国内长途通话时长	万分钟	16 173 629.1	4.0	6 111 070.7
移动电话国际电话通话时长	万分钟	31 520.5	7.5	11 151.5
移动电话港澳台电话通话时长	万分钟	22 887.5	-3.8	8 045.8
移动短信业务量	万条	18 866 584.1	-18.7	6 206 185.2
移动互联网接入流量	万吉比特	40 652.1	53.0	14 563.6

注:(1)收入增长率按可比口径计算。(2)固定长途电话通话时长和移动电话通话时长均包含相应的IP电话通话时长。(3)通话时长各项指标均为去话通话时长。

(来源:工业和信息化部运行监测协调局)