



基于混合博弈的虚拟网络动态资源分配模型^{*}

王 宇^{1,2}, 徐名海^{1,2}, 迟 欢^{1,2}, 苏喜娟^{1,2}

(1. 南京邮电大学通信与信息工程学院 南京 210003;

2. 南京邮电大学宽带无线通信与传感网技术教育部重点实验室 南京 210003)

摘 要:传统的互联网构架模型已难以满足消费者层出不穷的新兴应用要求,网络虚拟化作为解决当前互联网僵化问题的技术手段,近年来受到了国内外新一代网络研究领域的广泛关注。如何在异构的物理环境下设计出既能满足虚拟网用户资源需求,又能最大化利用物理网络资源的资源分配算法,是网络虚拟化技术亟待解决的问题。本文根据博弈论的思想,将合作博弈与非合作博弈相结合,提出了基于混合博弈的竞争模型,并根据业务类型把虚拟网划分为不同的服务类型,提出虚拟网络资源动态分配方法。仿真结果表明,本文提出的基于混合博弈的虚拟网络动态资源分配方案相对于传统资源分配方案而言,充分利用了基础设施提供商提供的物理资源,同时有效预防链路拥塞,增加了用户满意度。

关键词:网络虚拟化;动态资源分配;博弈论;纳什均衡

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.02.010

Model Oriented Dynamic Resource Allocation Based on Mixed-Game Theory Within Virtual Network

Wang Yu^{1,2}, Xu Minghai^{1,2}, Chi Huan^{1,2}, Su Xijuan^{1,2}

(1. College of Telecommunications & Information Engineering, Nanjing University of Posts &

Telecommunications, Nanjing 210003, China; 2. Key Lab of Broadband Wireless Communication and Sensor Network Technology (NUPT), Ministry of Education, Nanjing 210003, China)

Abstract: The traditional internet architecture model is difficult to meet the consumers' endless emerging applications. As the technical means that will solve the current internet rigid problem network virtualization has been widely noted by the next-generation network research in domestic and foreign field in recent years. Novel resource allocation algorithm that can meet the resource requirements of the virtual network users and maximize the use of physical network resources under the heterogeneous physical environment is the most urgent problem for network virtualization. According to the thought of game theory, the mixture of game competition model was proposed using cooperative game and non-cooperative game. Besides, virtual network was divided into different service types according to the service types. After that, the method of dynamic resource allocation within virtual networks was proposed. The simulation results show that, the proposed oriented dynamic resource allocation within virtual networks based on the mixed-game theory scheme can make full use of physical resources provided by the InP. At the same time, this scheme can prevent link congestion effectively and increase the customer satisfaction compared with the traditional resources allocation scheme.

Key words: network virtualization, dynamic resource allocation, game theory, Nash equilibrium

^{*} 国家自然科学基金资助项目(No.60902015), 国家科技重大专项基金资助项目(No.2011ZX03005-004-03)

1 引言

近几十年来,互联网对经济的发展和社会的进步以及人们工作生活的方方面面都做出了突出的贡献。但是,传统的互联网架构模型是为固定网络设计的,基本结构是用路由器连接局域网,它面临的可扩展性、安全性、移动性、服务质量、能耗等方面的一系列问题和困难逐渐凸显,难以满足层出不穷的新兴应用,已无法灵活适应无线网络的变化。网络虚拟化作为解决当前互联网僵化问题的技术手段,近年来受到了国内外未来网络领域研究的广泛关注。

网络虚拟化技术^[1-4]的目的是将传统的ISP(互联网服务提供商)分离成独立的两个实体,分别为InP(基础设施提供商)和SP(服务提供商)。同时虚拟网络把多个异构的物理网络整合成一个公共物理网络,打破目前一个基础设施提供商对应一个网络服务提供商的局面,并允许在一个公共物理网络上支持多个虚拟网络,实现物理网络资源的广泛共享,最大程度地提高网络资源的利用率,满足用户多样化需求。当前随着移动宽带快速发展,移动用户数据流量正在显著增长,并且这种增长趋势仍在不断地扩大,同时用户的需求也逐渐多样化,信息更多地被用于分享和合作。

但是目前网络虚拟化技术尚处于指导研究的层面上,虚拟网络体系架构设计、虚拟网物理节点与虚拟节点的映射算法、虚拟用户终端移动性、资源分配与调度等都是目前业界研究的重点。在异构的物理环境下,设计出既能满足虚拟网用户资源需求又能最大化利用物理网络资源的资源分配算法,是网络虚拟化技术最亟待解决的问题,又是实现网络虚拟化技术优势的关键点。目前,参考文献[5~14]对虚拟网络资源分配算法做了研究,但仍存在资源分配不合理、开销过大、稳定性差的问题。同时在支持用户服务质量(QoS)和减少用户花销等方面也存在严重不足。

为了解决上述问题,本文提出了基于混合博弈的虚拟网络动态资源分配方案,该方案根据物理网络资源本身特性,由物理资源利用率的大小决定采用合作还是非合作的竞争方案,并根据业务类型把虚拟网划分为不同的服务类型,满足用户不同业务的需求。仿真结果表明,本文提出基于混合博弈的虚拟网络动态资源分配方案相对于传统资源分配方案而言,充分利用了InP提供的物理资源,同时有效预防链路拥塞,增加了用户满意度。

2 网络虚拟化资源分配算法

网络虚拟化技术的本质是通过抽象、分配、隔离机制,在一个公共物理网络上独立地运营多个虚拟网,并能够有选择性地最佳资源分配与调度。因此,如何在异构的物理环境下设计出既能满足虚拟网用户资源需求又能最大化利用物理网络资源的资源分配算法,是网络虚拟化技术亟待解决的问题。虚拟网的资源分配,主要解决底层网络最大化地满足用户对节点和链路资源请求的问题。针对不同的资源分配模型,相应的资源分配算法也被提出。从目前的研究现状来看,资源分配算法被分为静态算法、动态算法和自动算法。大多数资源分配算法都是静态的,在虚拟网络生命周期内不允许资源分配方案发生变化;动态算法则允许基于当前虚拟网络的业务需求及服务性能自适应地改变资源分配方案,但要求持久地监视物理节点与链路容量的动态并实时更新;自动算法则是通过设计监控模型和配置模型实时调整分配策略,向虚拟网络动态分配底层网络资源,是动态资源分配算法的延伸。

参考文献[5~9]提出基于静态资源分配的方案,该算法的优点是算法简单,部署花销较小,但需限定于特定的情况,比如忽略底层网络节点的有限能力、所请求的资源要提前预留、不考虑用户需求的动态变化以及底层物理节点与链路的当前状况等问题,因此为了保证各虚拟网之间的资源均衡和考虑无线网络资源的不稳定性,静态资源分配方法不具有优越性。

虚拟网络运行过程中,动态资源分配^[10~13]要求网络能够根据链路(或节点)负载情况,对已经映射的资源进行重新分配,依据控制策略重新调整对资源的配置,以优化底层物理网络资源的使用。目前的动态资源分配算法都存在一定的缺陷:参考文献[12]的周期性的重映射机制可以保持所有虚拟网请求在所有时间里都处于最优状态,但是,这样会导致更多的虚节点和虚链路进行过度重新映射,加重了网络开销及计算开销。参考文献[13]在多虚拟网间执行周期性地重新分配共享同一条物理链路的虚链路间的带宽,同时每个虚拟网还运行自己的分布式协议,最大化各自的目标函数。它存在的缺陷是物理网络中的链路需要事先知道所有虚拟网络目标函数,而这是现实中是不可能实现的。此外,也没有考虑虚拟网节点的分配问题。

自动分配则要求及时检测到链路负载(或节点)的变化,要求及时给予调整^[14]。这种分配方案的确能根据网络



状况实时调整映射关系,但同时它也需要占用大量的存储和计算资源,严重增加了网络开销而不可取,所以从目前的研究进展来看,制定合理的动态资源分配策略才是可行之道。本文提出的动态资源分配算法,结合了博弈论的思想,不但可以根据物理网络负载的状况动态地为虚拟网络运营商分配资源,提高物理资源的利用率,同时并根据用户当前需求向虚拟网络运营商请求分配适合的物理资源,提高服务的满意度。

3 基于博弈论的资源分配算法

3.1 研究模型及流程

目前已有文献提出用博弈论解决资源分配问题^[9],但其仅考虑了带宽一种资源,同时把所有的虚拟网络(VN)看作非合作的,未考虑底层物理资源的有限性,存在一定的缺陷。因此本文提出利用基于价格机制的博弈理论研究虚拟网络中的资源分配问题。研究模型包括以下两种。

- 供过于求的市场非合作竞争模型。当 InP 资源充足时,采用非合作方案,公共基础设施提供商出售自己的底层物理资源给相互独立竞争的虚拟网络运营商,每个 player(虚拟网络提供商)都可以根据当前资源需求向 InP 租借资源而不用担心请求过量的问题。由于 VN 间是非合作的,根据纳什均衡原则,此时,每个 VN 都只考虑保障自己的利益最大化,最终 VN 间达到一个纳什均衡,这样保证了每个 VN 都取得最佳收益。
- 供不应求的市场合作竞争模型。由于 InP 资源是有限的,当虚拟网络提供商请求的资源数超过底层 InP 的承载能力,InP 资源不充足时,假设此时还采用非合作方案,会出现当物理资源利用率达到 1 时,InP 仍然接受虚拟网网络提供商的请求,就会造成严重的网络拥塞。这不仅造成运营商的收益降低,用户体验也得不到保证,并且消费者将可能不再信任虚拟网络提供商能提供 QoS 保证,因此虚拟网络的运营成本也得不到保证;如果 InP 不接受

虚拟网络提供商的请求,用户体验得不到保证,可能造成用户不再信任虚拟网络提供商的后果。因此,在供不应求的情况下,本文采用合作博弈的方式,在 player 之间建立了一种参与者都必须遵守的协议,一般以协商的方式,使得每个 VN 都有节制地减小资源的需求,令参与者能够对合作后所得到的集体利益的分配方式达成共识,保证了用户体验和 VN 利益最佳。

具体流程如图 1 所示。

3.2 系统模型

假设模型中有 P 个虚拟网络 $VN=\{vn_1, vn_2, vn_3, \dots, vn^p\}$ 同时向有限资源的 InP 请求资源分配,设 $G=(N, L)$, 其中 N 表示物理节点的集合, L 是物理链路的集合, $L=\{l_1, l_2, l_3, \dots, l_m\}$, $R=\{r_1, r_2, r_3, \dots, r_m\}$ 表示每条物理路径 l_i 的资源的集合, 其中 $0 \leq i \leq m$, s_i^j 表示第 j 个虚拟网请求分配 r_i 的资源量其限定条件为: $\forall 1 \leq i \leq m, 0 \leq s_i^j \leq r_m$ 。设资源分配概率矩阵

$$P_{m \times p} = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{1p} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{m1} & \cdots & p_{mp} \end{bmatrix}, p_{ij} \text{ 表示虚拟网 } vn_j \text{ 接入资源 } s_i \text{ 的概率}$$

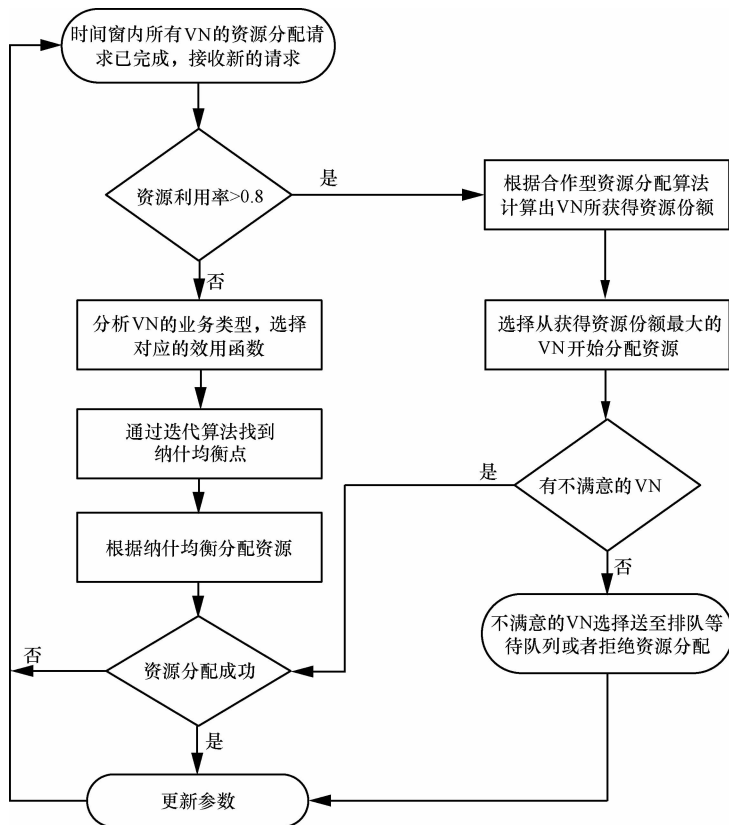


图1 混合博弈的资源分配流程

率,且 $\sum_{i=1}^m P_{ij}=1$, tr_j 表示 vn_j 的资源需求量,因此当满足下面条件时表示 InP 有足够的资源分配给 VN:

$$\sum_{j=1}^p P_{ij} \times tr_j \leq r_i$$

$$\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^p P_{ij} \times tr_j \leq \sum_{i=0}^m S_i \quad (1)$$

物理网络中的每条物理链路承载着不同虚拟网络的多条虚拟链路,同时,每条虚拟链路分享着物理链路不同数量的资源,每条虚拟节点对其所拥有的资源利用率也各不相同。本文为每个物理链路定义了价格权重因子 $\gamma=\{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \dots, \gamma_m\}$,表示每条物理链路的重要程度,其中 $\forall 1 \leq i \leq m, 0 \leq r_i \leq 1$ 。

本文用 n_i 代表链路 l_i 上的节点个数, $long_i$ 代表链路 l_i 的长度, c_{ij} 代表链路 l_i 上的第 j 个节点处理能力,令 ETD_i (等效时延) $= \sum_{q=2}^{n_i} \left[\frac{\alpha}{\ln l_i} + \beta C_{iq} \right]$,其中 α 、 β 是协调参数,虚拟网络运营商可以根据自己的偏好定义链路长度和链路上节点处理能力所占的比例。本文为每个物理链路定义了另一个权重因子来表示链路的质量,第 l_i 的权重为 w_i ,则 $w_i = \frac{ETD_i}{\sum_i ETD_i}$,向量 $W=\{w_1, w_2, w_3, \dots, w_m\}$ 表示每条链路的质量权重。用表 1 来说明本文所用到的关键概念。

表 1 网络虚拟化模型里的关键概念

变量	解释说明
p	同时向 InP 请求资源分配的 VN
l	物理链路指标
r_i	物理路径 l_i 的资源
s_m^k	第 k 个虚拟网请求分配 r_m 的资源数
P_{ij}	虚拟网 vn_j 接入资源 s_i 的概率
tr_j	vn_j 的资源需求量
γ_i	物理链路 l_i 对 InP 的重要程度
n_i	链路 l_i 上的节点个数
$long_i$	链路 l_i 的长度
c_{ij}	链路 l_i 上的第 j 个节点处理能力
w_i	VN 定义的链路 l_i 的权重
l_{drop}	l_i 的分组丢失率
l_{band}	l_i 的吞吐量

3.3 虚拟网络的出价策略

在 3.2 节定义的模型中,第 j 个虚拟网络(vn_j)的收益函数由以下两部分组成。

(1) 效益函数

在虚拟网络环境下,虚拟终端用户数目和虚拟网络资源的消耗程度是动态变化的。对于固定资源的 InP 来说,当用户数目较少且网络负载量较小时,会造成大量资源的闲置;当系统的用户数较多且网络负载量较大时,过量的资源需求造成网络拥塞,降低了用户体验。本文主要讨论同时竞争 InP 物理资源的虚拟网络间动态资源分配的博弈,使虚拟网络间资源分配的博弈达到平衡,即每个 VN 的利益最大化;同时,考虑 InP 的资源分配及不同业务选择参数对系统的影响,在虚拟网络动态资源分配博弈过程中,每个 VN 均以自己效用最大为目标,效益函数本文中用 $U^k(w_i, s^k)$ 表示,主要由 VN 定义的链路 l_i 的权重和资源分配两个参数决定,且根据业务类型不同表达方式不同。

(2) 价格函数

用 $P_j(s^k)$ 表示第 j 个虚拟网络(vn_j)的价格函数,根据前面定义, vn_j 对在第 i 条链路上分配的资源应付的总价格为 $w_i s_i^j \gamma_i$ 。因此,价格函数可以用下面的等式表示:

$$P_j(s^k) = \sum_{i=1}^m w_i s_i^j \gamma_i \quad (2)$$

4 基于多业务资源分配的纳什均衡

4.1 VN 间非合作型

在网络虚拟化环境下,虚拟网络运营商如何充分地利用 InP 提供的网络资源为更多的用户承载多样化业务,并降低运营成本获取高利润是关键,而对用户而言,最关心的是服务质量(QoS)是否得到保证以及价格是否合理。

在 3GPP^[15,16]和 ITU-T^[17]中对于业务的吞吐量、时延、抖动、分组丢失率都有相应的指导性评价,如表 2 是举例在 3GPP 中对于部分 QoS 参数的相关指导性规定。因此,针对目前网络业务的特点,为了能够同时解决 QoS 以及网络带宽资源的有效分配问题,本文提出把业务进行分类的解决方案。

(1) 时延敏感型(话音业务)

这类业务要求时延很小,不易超过 150 ms,并具有固定的传输速率,当其时延超过 500 ms,即便此项服务的提供费用为 0,对用户来说都是不可接受的,因为时延会造成话音的变声、变调等。当物理网络资源供过于求时,即满



表 2 3GPP 22.105 9.1.0 中对实时业务部分 QoS 参数的规定

内容	应用	方向	速率	关键表现指标和目标值		
				端到端单路时延	时延抖动	分组丢失率
音频	传统语音	双路	4~64 kbit/s	<150 ms	< 1 ms	< 3%
	话音信息业务	单路	4~32 kbit/s	<1 s	< 1 ms	< 3%
视频	视频通话	双路	32~384 kbit/s	< 150 ms		< 1%
	单向视频点播	单向	32~384 kbit/s	< 10 s		< 1%
数据	E-mail	单向	10 kbit/s	几分钟或者更长	NA	0
	网页浏览	单向	0~10 kbit/s	<2 s	NA	0
	Telnet	双路(不对称)	< 1 kbit/s	< 200 ms	NA	0

足式(1)时:

$$\sum_{j=1}^m P_{ij} \times tr_j \leq r_i$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{j=1}^m P_{ij} \times tr_j \leq \sum_{i=0}^n s_i$$

此类型业务的效益函数为:

$$U^j(w_i, s^j) = \sum_{i=1}^m \left\{ w_i \exp(s_i^j) - s_i^j \sum_{q=2}^n \left[\frac{\alpha}{\ln l_i} + \beta c_{iq} \right] \right\} \quad (3)$$

其中, α, β 是协调参数, 虚拟网络运营商可以根据自己的偏好定义链路长度和链路上节点处理能力所占得的比例。

(2) 分组丢失敏感型(下载数据业务)

数据业务具有高离散性的特点, 它可以容忍一定的时延, 但是对业务传递的可靠性要求非常高, 分组丢失率、误码率是其最重要的指标。当物理网络资源供过于求时, 此类型业务的效用函数为:

$$U^j(w_i, s^j) = \sum_{i=1}^m \left\{ w_i \exp(s_i^j) - l_{idrop} \ln s_i^j \sum_{q=2}^n \left[\frac{\alpha}{\ln l_i} + \beta c_{iq} \right] \right\} \quad (4)$$

其中, α, β 同上。

(3) 吞吐量敏感型(视频流业务)

视频流业务对分组丢失、时延没有这么严格的要求。以 VOD 为例, 如一个用户在观看网上直播, 若一帧图像丢掉了或是延迟 1 s 到达, 对用户来说仍然是可以接受的。但视频这类业务具有流量大、实时性、相关性等特点, 因此传输过程中需要高带宽。当物理网络资源供过于求时, 此类型业务的效用函数为:

$$U^j(w_i, s^j) = \sum_{i=1}^m \left\{ w_i \exp(s_i^j) + s_i^j \ln l_{iband} - \ln(s_i^j) \sum_{q=2}^n \left[\frac{\alpha}{\ln l_i} + \beta c_{iq} \right] \right\} \quad (5)$$

其中, α, β 同上。

4.2 VN 间合作型

针对物理资源的特点, 当资源利用率超过 1 后, 如果还采用完全竞争的模式, 由于 player 之间缺乏合作, 彼此之间没有约束, 最终的结果是系统性能处于最差的纳什均衡点, 造成系统质量的无效性。假设一个场景, 两个参与者 vn_1, vn_2 , 效用表如图 2 所示, 如果 vn_1 选择合作, vn_2 选择非合作, vn_2 的效用就会从 4 上升 5。假设参与者 vn_1 选择了非合作方式, 参与者 vn_2 考虑到自己效用的最大化, 也会选择非合作的。因此这种情况下非合作即是 vn_1 的最终决策也是 vn_2 的最终决策。然而, 从整体来看(2,2)并不是系统最佳选择, 因为它没有充分有效地利用系统物理资源。直观来说, 如果参与者 vn_1 与 vn_2 达成协议愿意合作, 而参与者 vn_2 由于效用的驱使而采用了非合作, 这种行为会受到惩罚, 由于篇幅限制本文不把这种情况考虑在内。

		player 2	
		合作	非合作
player 1	合作	(4, 4)	(4, 5)
	非合作	(5, 2)	(2, 2)

图 2 两个 player 竞争模型

因此, 本节提出了一种基于合作博弈的解决方法, 该方法通过制定合同, 规定每个 player 的行为, 竞争同一资源的多个 VN 可通过出价的方式共享资源, 每个 VN 分得的资源份额取决于出价水平, 使得竞争同一资源的多个用户能够结成联盟来增加效用。结果要优于采取不合作策略所达到的纳什均衡水平, 从而实现帕累托改进。

本文提出当资源利用率超过 0.8 时, 假设有 N 个 vn 竞争同一个有限的物理资源, 规定用户出价相对越高, 申

请的资源量越大,获得使用资源的比例相对就越多。通过在一个时间周期内记录所有参与者 vn 的请求,并按照请求的时间先后顺序进行排序,对于在本时间周期 T 内没有分配到资源的 vn (资源利用率达到了1),在下个时间周期内优先考虑。因此,为了兼顾公平性,资源分配函数与请求次数也相关,式(6)规定了在 t 时刻参与者 vn_i 获得的资源:

$$r_i(t) = \alpha \frac{b_i^T}{\sum_{i=1}^N b_i^T} + \beta \frac{n_i \times q_i}{N_T \times Q_T} \quad (6)$$

其中, $\sum_{i=1}^N b_i^T$ 表示在时间 T 内所有 VN 的出价之和, b_i^T 是参赛者 vn_i 的出价, n_i 表示 vn_i 在时间周期 T 内资源请求次数, N_T 表示总次数,同理, Q_T 表示在时间周期 T 内所有参与者的资源请求总量, q_i 是 vn_i 的资源请求量。其中因此 α, β 是公平性与价格之间的权衡因子,第 i 个参与者 vn_i 在时间周期 T 内在所获得的资源为 $r_i(t)$ 。

5 仿真与性能分析

本文借助 MATLAB 环境进行仿真分析,网络仿真拓扑如图3所示,链路1有较低的传输带宽和较小的传输时延,链路2的传输带宽比较高,同时传输时延也比较大,虽然本文选择的拓扑结构比较简单,但是足够区分时延敏感型业务与吞吐量敏感型业务两种业务的通信性能,假定 vn_1 是承载时延敏感型业务, vn_2 是承载吞吐量敏感型业务,显而易见, vn_1 偏爱链路1,而 vn_2 更喜欢链路2。

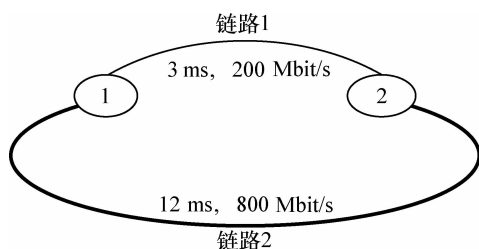


图3 仿真拓扑结构

将仅采用非合作博弈与混合博弈两种方案进行比较,假设资源利用率从0增加到3,仍然采用图3所示的简单拓扑结构,同样设定链路权重因子 $w_1=1, w_2=0.6, r_1=0.8, r_2=0.6$ 表示链路1比较重要。定义 $l_1=100$ m, $l_2=150$ m, $c_1=c_2=10\ 000$ 次/s,接下来用上述算法证明当资源利用率超过1后,采用合作竞争模式取得较好的收益,具有优越性。

当资源利用率小于0.8时,此时处于非合作模式,参

与者 vn_1 为了提高用户体验保证最大化自身收益,它试着最小化端到端时延,而 vn_2 要通过提高链路吞吐量来最大化自身收益。由两类业务的收益函数可知:

最小化:

$$\{U^1(w_i, s^1) - p_1(s^k)\} = \sum_{i=1}^2 \left\{ w_i \exp(s_i^1) - s_i^j \sum_{q=2}^{n_i} \left[\frac{\alpha}{\ln l_i} + \beta c_{iq} \right] \right\} - \sum_{i=1}^2 w_i s_i^1 \gamma_i, \alpha = 80, \beta = 0.001 \quad (7)$$

最大化:

$$\{U^2(w_i, s^2) - p_1(s^k)\} = \sum_{i=1}^2 \left\{ w_i \exp(s_i^2) - s_i^2 \ln l_{i\text{band}} - \ln(s_i^2) \sum_{q=2}^{n_i} \left[\frac{\alpha}{\ln l_i} + \beta c_{iq} \right] \right\} - \sum_{i=1}^2 w_i s_i^1 \gamma_i, \alpha = 88, \beta = 0.001 \quad (8)$$

当资源利用率超过0.8时,采用合作方案,假设 vn_1 、 vn_2 出价、次数相同,资源量动态变化,取 $\alpha=1, \beta=1.2$ 。仿真结果如图4所示,可以看出,非合作博弈在资源利用率达到1时,取得最高的收益,当资源利用率达到1.3时,收益急剧下降;采用混合博弈的资源分配方案,当资源利用率达到0.8时取得最大值,此时如果资源利用率再继续增加,由于方案从非合作博弈变换到合作博弈,从0.8到1,收益有小幅度的下降,接下来收益如市场价格般小幅度地往返波动。因此从总体效果来看,混合博弈的平均收益较非合作博弈算法高出许多。

设定 vn_1 带宽需求为300 Mbit/s, vn_2 的带宽需求是400 Mbit/s,由拓扑结构可以看出物理网络信道的容量为1 000 Mbit/s,此时资源利用率为0.7,采用非合作竞争模

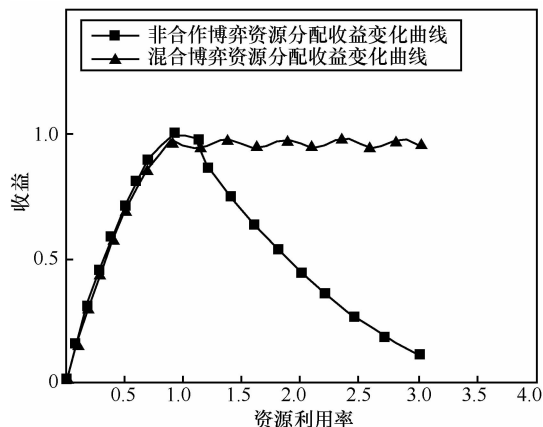


图4 两种资源分配方案收益变化曲线



式。设定链路权重因子 $w_1=1, w_2=0.6$ 表示链路 1 比较重要。接下来用上述算法证明纳什均衡汇聚后的链路选择具有优越性。

通过仿真图 5、图 6 可以发现链路 1 上的资源全部分配给虚拟网络 vn_1 , 而 vn_2 所需要的资源全部从链路 2 上得到。由仿真环境的设置可知 vn_1 偏爱链路 1, 而 vn_2 偏爱链路 2, 因此通过基于多业务资源分配方案, 参与者虚拟网络能得到自己偏爱的资源, 进而保证了用户体验。但由图 5、图 6 可以看出要达到纳什均衡需要一定的时间花销, 这是不可避免的, 与带来的收益相比可以忽略。

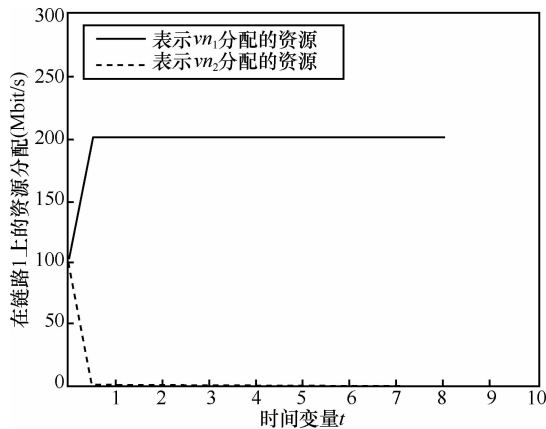


图 5 链路 1 资源分配方案

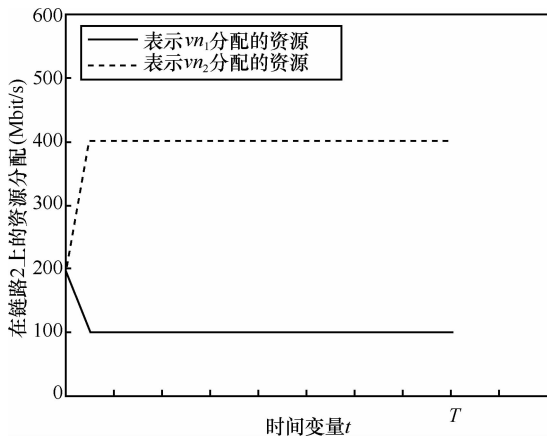


图 6 链路 2 资源分配方案

6 结束语

本文在虚拟网络环境下, 采用混合博弈的资源分配方案, 通过将非合作博弈与合作博弈相结合分析了 InP 与 VN 之间的资源映射问题, 并根据业务类型把虚拟网划分为不同的服务类型, 仿真结果表明, 从总体来看通过混合博弈的资源分配方案取得较高的收益, 并证明了在基于博

弈的前提下针对不同业务类型把虚拟网划分为不同的服务类型的方案, 提高了用户的满意度。鉴于篇幅限制, 物理节点与链路的突然失效等问题对本方案的影响还有待进一步研究以及把物理网络资源动态更新机制添加到本方案中都是以后研究的重点。

参考文献

- 1 Aoyama T. A new generation network: beyond the internet and NGN. IEEE Communications Magazine, 2009, 47(5):82~87
- 2 Khan A, Kellerer W, Kozu K, et al. Network sharing in the next mobile network: TCO reduction, management flexibility, and operational independence. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(10):134~142
- 3 Hoffmann M, Staufner M. Network virtualization for future mobile networks: general architecture and applications. Proceedings of IEEE International Conference on Communications Workshops, Kyoto, Japan, 2011
- 4 Mosharaf Kabir Chowdhury N M, Raouf Boutaba. A survey of network virtualization. Computer Networks, 2010, 54 (5): 862~876
- 5 Haider A, Potter R, Nakao A. Challenges in resource allocation in network virtualization. Proceedings of the 20th ITC Specialist Seminar, Hoi An, Vietnam, 2009
- 6 Muhammad Ismail, Zhuang Weihua. A distributed multi-service resource allocation algorithm in heterogeneous wireless access medium. IEEE Journal on Selected Areas of Communications, 2012, 30(2):425~432
- 7 Szeto W, Iraqi Y, Boutaba R. A multi-commodity flow based approach to virtual network resource allocation. Proceedings of IEEE GLOBECOM, San Francisco, USA, 2003
- 8 Lu J, Turner J. Efficient Mapping of Virtual Networks onto a Shared Substrate. Technical Report WUCSE-2006-35, Washington University, 2006
- 9 Trinh T, Esaki H, Aswakul C. Quality of service using careful overbooking for optimal virtual network resource allocation. Proceedings of IEEE ECTI Conference, Fort Worth, Texas, 2011: 296~299
- 10 Zhou Y, Li Y, Sun G. Game theory based bandwidth allocation scheme for network virtualization. IEEE GLOBECOM, Miami, Florida, USA, 2010:1~5
- 11 Zhang S L, Qiu X S, Meng L M. Revenue-driven dynamic resource allocation for network virtualization. IEEE Communication Software and Networks (ICCSN), Xi'an, China, 2011
- 12 Butt N F, Chowdhury M, Boutaba R. Topology-awareness and reoptimization mechanism for virtual network embedding. Proceedings of the 9th IFIP Networking Conference, Chennai, India, 2010:27~39

- 13 Jiayue He, Rui Zhang-Shen, Ying Li, *et al.* Davinci: dynamically adaptive virtual networks for a customized internet. Proceedings of the 2008 ACM CoNEXT Conference, Madrid, Spain, 2008
- 14 Marquezan C C, Granville L Z, Nunzi G, *et al.* Distributed autonomic resource management for network virtualization. Proceedings of IEEE Network Operations and Management Symposium (NOMS), Osaka, Japan, 2010:463~470
- 15 3GPP TS 22.105 V9.1.0. Technical Specification Group Services and System Aspects Service Aspects; Services and Service Capabilities, 2010
- 16 3GPP TS 23.107. Quality of Service (QoS) Concept and Architecture, 2011
- 17 ITU-T G.1010. End-User Multimedia QoS Categories, 2001

[作者简介]



王宇,女,南京邮电大学通信与信息工程学院硕士研究生,主要研究方向为异构网络的移动性管理。



徐名海,男,博士,南京邮电大学副教授,主要研究方向为异构网络融合。



迟欢,女,南京邮电大学通信与信息工程学院硕士研究生,主要研究方向为下一代网络。



苏喜娟,女,南京邮电大学通信与信息工程学院硕士研究生,主要研究方向为下一代通信网络。

(收稿日期:2013-01-15)

·简讯·

TD 产业组团亮相 2013 年 世界移动通信大会

2013 年世界移动通信大会 (Mobile World Congress 2013, MWC2013) 于 2013 年 2 月 25 日~28 日在西班牙巴塞罗那举行。TD 产业联盟在 MWC2013 的 6 号馆设立了“TD-LTE 展区”。

展区综合展出了由全球 11 家芯片企业的“TD-LTE 芯片”产品,同时展出了由华为、中兴、夏普、诺西、三星、HTC、美满电子等 10 余家企业的 TD-LTE 智能终端产品和相关技术。其中,TDIA 成员单位中国移动展出了全球首个基于 TD-LTE 系统的高清可视电话业务,借助 TD-LTE 网络高带宽、高可靠的特性,视频质量可达 720P、30 帧/s,配合宽带语音编解码,真正实现高清通话效果。

与此同时,中国移动联合 TDIA 成员单位华为、中兴、HTC、LG 公司共同发布了 4 款 LTE 手机和 4 款 LTE Mi-Fi 产品。华为全球首次展示基于 TD-LTE 技术的四载波聚合

(carrier aggregation) 技术,使单个 RRU 在 MIMO 4x4 条件下,实现了 1 Gbit/s 的业界最高速率,树立了宽频网络时代的标杆,也使未来单个用户能享受更高的 TD-LTE 下载速率。

京信和国信在现场展示 TD-SCDMA/TD-LTE 室内外覆盖的最新技术和产品,京信公司现场演示 TD-SCDMA 扁平化架构的领先解决方案——“TD-SCDMA Small Cell”,通过 IP 连接,同时传输 TD-SCDMA 和 WLAN 信号的应用,展台周围的 TD-SCDMA 制式手机可通过 Small Cell 接打电话。

TD-LTE 作为全球移动宽带时代的主流技术,不仅已成为国际标准,而且已经得到了国际制造、运营等产业的广泛认同。在包括 TDIA 在内的国际产业界同仁的共同努力下,TD-LTE 发展进入了快车道,截至 2012 年 12 月底,已经有沙特阿拉伯、日本、巴西、英国、印度、澳大利亚、波兰、阿曼、俄罗斯等国家的运营商开通了 14 个商用 TD-LTE 服务,全球范围内共签署了 44 个 TD-LTE 商用合同,已经开通的 TD-LTE 实验网超过 63 个。

(来源:电子信息司)