Pricing Intra-Datacenter Networks with Over-Committed Bandwidth Guarantee

（超负载带宽承诺下数据中心网络的定价问题）

论文背景综述

姓名：胡元良 学号：M201773257 班级：硕1706 组号：12组

**摘要：**该超负载带宽承诺下数据中心网络的定价这一论文主要讨论了如何在网络超负载情况下保证用户带宽和如何进行定价的策略两个问题。而许多的研究已经针对这些问题提出了自己的解决方案。本篇综述通过选择几个比较具有代表性的解决方案进行简单的阐述从而大概梳理了一下这些问题的发展背景。网络超负载的情况能够更大化的利用现有的网络和提高网络服务提供商的效益，所以该篇论文采取了这一角度进行研究，提出了SoftBW的解决策略。较好的解决了该背景下的网络带宽分配和定价的问题。

**关键字**：超负载，定价策略，带宽分配

# 一、基本概述

随着越来越多的公司业务转移到云端，数据中心的带宽便逐渐成为了一项更有价值和稀缺的资源。 提高带宽的使用率、合理分配带宽、保证租户带宽以及如何根据租户使用带宽情况确定定价策略便成了云服务提供商所要解决的问题。

一个合理的带宽分配策略往往囊括着租户带宽保证的问题，因为连租户的带宽都不能够给予有效保证的分配策略肯定算不上是合格的解决方案。而带宽的使用率则可以作为衡量带宽是否合理分配的一个检测标准。所以说众多的问题最终可以归结到如何有效、合理的分配带宽这个问题上。

另外一个困扰的问题则是关于定价策略。定价策略的好坏直接影响到云服务提供商的商业竞争力。从租户的角度来说，最基本的定价策略就是“保证我所付价钱的等额带宽”。而这也是提供商所要做到的最低要求，而更高的要求就是在保证最低要求的情况下进行利益的最大化。

# 二、发展背景

## 2.1带宽分配

带宽分配历史上受到TCP的影响，TCP模型下的分配策略是假定对于每个竞争带宽的流都公平的分配相同的带宽。但是这种分配方式随着数据中心和私人WANS数量的增多往往不能表现出良好的性能。

Kanthi Nagaraj[[1]](#footnote-1)在经典的网络效用最优化理论（NUM）的基础之上提出了NUMFabric方法。NUM的梯度下降分布式算法的设计需要有很大的工作量，并且算法的收敛所需的时间大于许多流传送的时间，这样便无法保证资源的及时分配。在此基础上改进过的NUMFabric算法则具有更大的灵活性和快速性的特点。灵活性是指允许运营商根据不同的服务目标去指定如何实现竞争流带宽分配的最优化。快速性则是可以实现比之前算法快2.3倍的分配速度。最基本的形式就是每一个网络流的效用都是其速率的函数，通过控制速率以此实现全系统的最大效用。NUMFabric包含了多种服务目标下的效用函数（Utility Function），并且对这些函数都进行了检验。

jian Guo[[2]](#footnote-2)等人提出了利用博弈论和合作博弈理论来解决带宽分配问题。它把每台虚拟机都当作是该博弈环境下的参与者，该数据网络下的所有虚拟机便构成了彼此博弈的对手。进入当数据网络中的虚拟机需要使用带宽传输数据流量时，会分配到初始带宽和一个效率函数。针对如何进一步的保证每台虚拟机都能得到所保证的带宽，以此达到帕累托最优的效果，该论文提出了自己的设计方法。

在从带宽分配而蕴含的带宽保证问题上，往往是通过速率限制RL（Rate Limit）来完成的。但通过RL来实现带宽分配和带宽保证的问题上，又有静态和动态的RL之分，从而产生了更多不同的解决方法。在这个问题上，本篇论文[[3]](#footnote-3)进一步限定的范围是在带宽过量的条件下进行带宽的保证，属于动态的速率调整。并且针对现有的多数算法集中关注于长流动流量的情况，该论文也考虑了短流动流量的带宽保证问题。

从带宽问题的发展演进趋势看，更多的研究会限定在更为具体化的情况之下。因为不同的情况所面对的需求和实际条件都是不一样的，如本篇论文所探讨的情况中严格带宽保证（Strict Guarantee）是为了解决实时应用程序的带宽问题。这类应用程序对实时数据的传输具有更高的要求，如视频的帧传输延时过多便失去意义了。而动态带宽保证（Dynamic Guarantee）则对时间限制没有强烈的需求，如程序的备份工作只要在一个长时间范围内完成即可。这便为动态调节带宽提供了缓冲的余地。

但是虚拟机的带宽传输最终总是需要底层的架构去实现，这就使得现实的情况更为复杂，和产生不可控的领域范围。所以对最大化带宽的利用和保证租户需求是一个不断的精益求精、不断地把带宽保证的失败率减低的过程。

## 2.2定价策略

这篇论文探讨的另外一个问题便是关于定价的策略。定价是针对于网络服务提供商为租户提供资源而收取的费用。如何收费和定价不仅影响到服务商的市场竞争力，同时也是调节资源的一种手段。为得到更好的性能保证，租户便需要支付更多的费用，从而可以从源头调节网络中的总流量。

HongXU[[4]](#footnote-4)等人在探讨云端资源的价格时发现统一的价格收费标准相对于一级价格歧视定价并不会使服务商的收入遭受任何损失。为了提高收益，服务商应该通过资源限制和提供性能保证等服务去实现。当然这里讨论的收费价格是以云端里面各种不同资源为收费对象。而本篇论文[[5]](#footnote-5)讨论的收费对象则是带宽。但这也给了一个信号就是关于定价策略中定价的对象可能更应该关注的是带宽。

在以带宽保证为收费对象的前提下，不同的带宽保证收费自然是不一样的。而如何收费自带的调节效应也是合理分配带宽的一种手段。在Virajith Jalaparti[[6]](#footnote-6)提出的Pretium模型中。价格的动态变化不仅表现在不同的带宽上，而且也体现在不同的时间段上。通过价格的动态变化使一部分需求不迫切的用户避开了网络负载的高峰。而为了进一步的区分用户的需求类型，用户一开始就需要选择自己的服务层级。根据用户的选择Pretium便可以据此分配一个承诺带宽和价格报价。

为了保证带宽，有些设计是给用户预留一定的带宽。这些预留带宽的大小将会影响到服务提供商的效益。因此有些模型便专门讨论了这些具有带宽预留情况的定价问题。Di Niu[[7]](#footnote-7)认为预留带宽在未来是一个有价值的存在，但是由于用户需求的不确定性，预留带宽的大小也是难以确定。因此如何定价以此保证服务商的利益和用户的带宽需求便是一个需要多加权衡的问题。

跟预留带宽相比，本次探讨的论文则是在过度带宽保证下的定价问题探讨。如何定价其实跟其所采用的的带宽分配策略具有很大的关系，在本次论文的带宽分配策略下有三种不同的带宽保证：严格带宽、动态带宽和公平带宽。这样就会有三种不同的定价策略，例如严格带宽的价格公式为：

|  |
| --- |
| *p=rt ·* (1 +*B/C*)*P*0 |

其中*rt*是该虚拟机上测量的带宽速率，*P*0是一个基准价格，B时需要保证的带宽，C则是服务器上的中带宽。由此可见该定价公式是建立在带宽分配的基础之上的。

因此定价问题总是跟一定的带宽分配策略相关，并且定价策略也可能是分配策略的一种调节手段。在预留带宽模型的讨论中，尽管可以根据用户事先选择的服务层级大致得出用户的带宽需求，但这也是在一个范围内波动的数字，据此而定义价格报价也不能完全符合实际的带宽变动。而本篇论文中讨论的根据终端用户实际使用的带宽流量来进行定价的模型比其他从服务提供商一侧测量的带宽流量来定价的策略可能是更为准确的衡量方法。但是这种方法在具体实施的过程中可能也会出现各种问题，如何保证终端测量数据的准确性和可靠性以及全面推广的问题。

# 三、论文概括

## 3.1问题提出

1、iaas Clouds 下，相同的CPU、内存和价格，但是带宽的差别可以达到16倍之多。

2、现有的对于带宽保证的工作主要是在充分带宽条件下保证租户的带宽要求。有三个目标不能够达到：

1. 没有对价格-性能的一致性提供合理的带宽分配技术，以及这种情况下的基于使用量的定价。
2. 最先进的静态或动态的RL(rate limit)分配方法不能在过量带宽的情况下提供性能的保证。
3. 现有的方法使用长流量来实现带宽保证，但是在使用定期流量限制率（RL）时却忽略了短流量下的性能衰退情况。

## 3.2提出的SoftBW解决的问题：

1. 通多对基于带宽使用量的收费来实现租户的价格-性能的一致性。
2. 在带宽超量的情况下通过合理调度提供带宽保证和公平保证。

## 3.3解决方法

把带宽保证分为严格带宽保证和动态带宽保证。严格带宽保证是指对实时数据传输具有较高要求的应用，如视频信息等。动态带宽保证则是对时间要求较低的应用程序，如数据的备份等。实现这两个带宽保证首先从架构上需要针对每一台服务器配置可以监控和调节流量交换器。

1. 对于严格带宽来说就是要保证其实时的最小带宽，由于有实时的监控数据，每个传输周期过后根据反馈的信息来确保是否达到了这个最小的带宽。
2. 而动态带宽保证由于具有比较高的时间容忍度，只要在一个时间范围内完成这一任务即可。所以当确定了这一时间范围和需要传输的总数据后，便可以确定其的保证速率。之后根据每个传输周期反馈的流量监控信息去调整动态带宽的速率，如上一传输周期的传输速率在保证速率之下，那么下一个传输周期的速率就是根据剩余的总数据和剩余的总时间的计算得出的速率。无疑这一速率会大于最开始的保证速率。在以后的每一传输周期中都要重复这一过程。这样的分配方法便可以在规定的时间内完成动态带宽的要求，同时又不致于会浪费带宽而无法完成同一时间段下的其他带宽保证任务。
3. 如果还有多余的带宽剩余这会分配给其它所有的带宽保证任务。从而使物理带宽可以充分得到利用。

当然针对这三类带宽保证问题自然便会有对应的定价策略进行匹配，就如同在定价策略中谈到的严格带宽保证下的定价公式一样。

总之通过实时反馈回来的流量监控信息进行动态调节流量速率，该论文中提出的模型达到了其最初设计的目标。不仅完成了带宽的保证，而且使其在短流量传输的情况下也具有通用性。

## 3.4测试效果：

1. SoftBW可以提供稳定的带宽保证，即使在超量带宽的情况下也保持各虚拟机间的带宽分配公平
2. 即使在高流量的情况下算法的收敛时间也维持在合适的范围（~10ms）。同时跟流量限制（RL）方法相比，在短流量传输的时间上有2.8到4.5倍的提高。
3. SoftBW对于底层的TCP的RTT仅有1.9μs的延迟时间增加。在10Gbs的传输条件下CPU的开销也保持在了5.1%。
4. 在带宽超量的情况下，SoftBW使网络利用率提高了3.9倍，同时低于5%

的带宽保证失败。

1. NAGARAJ, K., BHARADIA, D., MAO, H., CHINCHALI, S., ALIZADEH, M., AND KATTI, S. Numfabric: Fast and flexible bandwidth allocation in datacenters. In Proceedings of the 2016 Conferenceon ACM SIGCOMM 2016 Conference (New York, NY, USA, 2016), SIGCOMM ’16, ACM, pp. 188–201. [↑](#footnote-ref-1)
2. GUO, J., LIU, F., LUI, J. C. S., AND JIN, H.Fair network bandwidth allocation in iaas datacenters via a cooperative game approach. IEEE/ACMTrans. Networking 24, 2 (Apr. 2016), 873–886.

   GUO, J., LIU, F., TANG, H., LIAN, Y., JIN, H.,AND LUI, J. C. Falloc: Fair network bandwidth allocation in iaas datacenters via a bargaining game approach. In IEEE ICNP (2013). [↑](#footnote-ref-2)
3. GUO, J., LIU, F., LUI, T Wang, Pricing Intra-Datacenter Networks with Over-Committed Bandwidth Guarantee (USENIX ATC ’17) [↑](#footnote-ref-3)
4. XU, H., AND LI, B. A study of pricing for cloud resources. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review (2013). [↑](#footnote-ref-4)
5. GUO, J., LIU, F., LUI, T Wang, Pricing Intra-Datacenter Networks with Over-Committed Bandwidth Guarantee (USENIX ATC ’17) [↑](#footnote-ref-5)
6. JALAPARTI, V., BLIZNETS, I., KANDULA, S.,LUCIER, B., AND MENACHE, I. Dynamic pricing  
   and traffic engineering for timely inter-datacenter transfers. In Proceedings of the 2016 Conferenceon ACM SIGCOMM 2016 Conference (New York, NY, USA, 2016), SIGCOMM ’16, ACM, pp. 73–86. [↑](#footnote-ref-6)
7. NIU, D., FENG, C., AND LI, B. Pricing cloud bandwidth reservations under demand uncertainty. In ACM SIGMETRICS Performance EvaluationReview (2012). [↑](#footnote-ref-7)