

基于可变连接价格的 TCP 接入控制研究^{*}

董永强 黄一鸣

(东南大学计算机科学与工程学院 南京 210096)

(东南大学计算机网络和信息集成教育部重点实验室 南京 210096)

摘要 本文面向有连接的弹性应用,探讨了基于可变连接价格的 TCP 接入控制问题。将该问题描述为追求连接阻塞率最小化和活动连接时长最大化的多目标优化问题,分别考察了在连接请求确定到达和随机到达时的连接价格确定问题。提出了在阻塞率不高于某一设定值的情况下,使得单位时间内期望活动连接时长最大化的连接价格调整算法,并给出了基于 Socks 代理协议的价格协商和接入控制实现方法。

关键词 接入控制,网络定价,阻塞率,活动时长,Socks 协议

TCP Admission Control of Dynamic Connection-oriented Pricing

DONG Yong-Qiang HUANG Yi-Ming

(School of Computer Science and Engineering, Southeast University, Nanjing 210096)

(Key Laboratory of Computer Network and Information Integration (Southeast University), Ministry of Education, Nanjing 210096)

Abstract Admission control and pricing for connection-oriented elastic traffic are concerned. TCP admission control is depicted as a multi-objective optimization problem with blocked ratio minimization and active connection duration maximization as objectives. Assuming the connection request arrivals are determinate and stochastic respectively, the methods on how to price TCP connections are discussed. Then a dynamic pricing algorithm is examined which approaches the maximum of active connection duration while assuring the blocked ratio at acceptable level. Furthermore a price negotiation scheme based on Socks protocol is presented which can bring the pricing algorithm into practical networks.

Keywords Admission control, Network pricing, Blocked ratio, Active duration, Socks protocol

1 引言

传统网络的拥塞控制主要依赖于 TCP 协议内在的 AIMD 窗口自适应机制^[1]。从理论上来说, TCP 不断地探测网络的可用带宽,并相应调整其数据发送窗口和发送速率,在出现丢包(TCP Reno 等)或时延明显增大(TCP Vegas 等)时,主动缩减其拥塞窗口的大小,以达到释放网络缓冲区、缓解网络拥塞的目的。正是由于 TCP 这一良好的自觉和自适应特性,与 TCP 兼容/友好成为其它速率控制算法的重要设计指标^[2]。但近年来,基于 AIMD 的 TCP 拥塞控制却在不断受到挑战,表现在:

(1)随着基于 UDP 的多媒体应用的普及,传统网络中以 TCP 为主导的流量结构在悄悄发生变化。尽管当前大多数多媒体应用都已经支持多速率编码和自适应速率调整,相应地也就具有了一定的拥塞响应能力,但仍有不少应用的数据发送速率固定不变而与网络拥塞状况无关,这些应用的部署对网络的拥塞控制带来相当的影响。更有甚者,一些基于 UDP 的无意义恶意流量也在一定的网络范围内肆虐,严重干扰了网络的正常运行。比如通过一些简单的流量发生器工具,恶作剧者就能够轻易使网络处于局部瘫痪状态。

(2)随着开源操作系统的应用,越来越多的人可以直接接触操作系统的内部实现,包括对 TCP 传输控制协议的实现进行修改,甚至为了追求传输速率而绕开 TCP 内在的拥塞控制

机制。经过修改的 TCP 协议,在和传统基于 AIMD 窗口调整的 TCP 协议争用带宽时,显然要强势得多。文[3]通过一个简化的博弈模型,分析了如果允许用户在网络出现拥塞时自行做出适当的反应,则他们的占优(主导)均衡策略必然是继续以当前速率或者是更高的速率来发送数据,而不是选择退让,因为退让策略并不符合他们的利益,而这又必然导致拥塞加剧,甚至崩溃。

(3)随着各类应用模式的层出不穷,一些新型应用如多线程下载、P2P 文件共享等,虽然是基于标准的 TCP 协议实现,理论上讲也不会造成网络拥塞和崩溃,但却可能导致网络资源的滥用和资源分配的公平性问题。原本可以获得较高传输性能的其它用户,不得不忍受这些披着合法外衣的贪婪用户所造成的网络性能下降。如果所有用户为使用网络而付出的成本是一样的,那么显然大流量的用户挤占了低流量用户的利益,或者说低流量用户不情愿地补贴(subsidize)了那些贪婪的大流量用户。近几年,对 P2P 等应用及其流量进行控制,已经引起人们特别是运营商广泛的关注。

凡此种种,都是我们在研究网络拥塞控制和设计网络协议时所不愿看到的。我们希望,在网络协议的设计和运行中,能够引入有效的激励约束机制,在这样的机制作用下,每一用户能够自觉自愿、合理有序地使用网络资源。价格机制正是在这样的需求背景下,作为一种激励相容(incentive compatible)的方法,一种可以有效规避“公共灾难”(tragedy of the

^{*} 高等学校博士学科点专项基金(20040286001)、国家自然科学基金重大研究计划项目(90604003)。董永强 博士,主要研究方向为网络资源分配、拥塞控制、多媒体通信等。

commons,^[4])的手段,引入到网络资源分配和拥塞控制问题中来的。

2 基于连接价格的 TCP 接入控制

通常来说, TCP 用户并不十分在意瞬时的传输速率,甚至能够接受非常低的传输速率,这在其效用特性上表现为连续增的效用函数,如指数形式等。但尽管如此,人们还是希望 TCP 数据传输能够在尽可能短的时间内完成,或者说对其期望吞吐量还是有一个基本的要求。基于这样的考虑,我们认为,要使基于 TCP 的应用能够向可运营的方向发展,必须对 TCP 的数据传输速率有一个基本的保障。又由于 TCP 面向连接的特性,在连接建立阶段实施面向 TCP 协议的接入控制就成为一种可行的方案。接入控制的原则可以有很多种,如先来先服务等,这里我们采用的方法是基于支付意愿的价格接入机制。基于价格的 TCP 接入控制遵循以下思想:

(1)网络接入点根据用户的普遍要求,确定每一用户的期望吞吐量,再按照网络链路容量和服务能力,确定最大可以接入的连接数。

(2)网络接入点根据某种优化原则,确定一个允许接入价格。只有当用户愿意支付的价格高于该价格时,用户连接才有可能被接入。该接入价格可以根据连接一级的拥塞状况做动态调整。

(3)用户根据自己的支付意愿决定是否发起连接,或者在其连接请求中给出其愿意支付的价格,由网络接入点来决定该连接能否接入。

(4)网络接入点在决定某一用户连接能否接入时,需要考虑以下基本因素:a)该用户愿意支付的价格是否高于接入价格;b)当前是否有足够的资源(剩余可用连接数)能够保证该用户连接期望的吞吐量等。

定义:

I类阻塞:若用户愿意支付的网络接入价格低于网络确定的最低接入价格,该连接请求将被拒绝,其目的是留出网络资源给愿意接受较高价格(对网络运营商来说其价值也较高)的用户连接。在接入价格对用户已知的情况下,这类阻塞通常表现为隐式阻塞,即用户主动放弃其连接请求。

II类阻塞:虽然用户愿意支付的网络接入价格高于网络确定的最低接入价格,但由于实际的网络链路资源不足(表现为接入的用户连接数已经达到网络可接纳的值),导致无法接入,其目的是避免网络拥塞和已有连接的传输性能受到影响。这类阻塞应尽量避免,其直接影响是用户满意度下降。

上述接入控制机制的要点是:网络接入点根据连接一级的拥塞状况(即资源的供需状况),制定合理的连接价格。用户在其连接请求中给出愿意接受的连接价格,只有该价格高于网络接入点确定的连接价格,连接才能被接入。网络按照接入时确定的连接价格,根据用户的实际连接时长进行计费。要说明的是:

(1)这里所说的网络接入点,可以是访问控制网关,也可以是 TCP 连接的对端如文件传输服务器。对前者,接入控制的资源约束主要是链路带宽等传输资源,根据用户数据的传输方向还有上行和下行之分;对后者,接入控制的资源约束主要是服务器的处理资源,当然也包括网络带宽等通信资源。本文主要针对的是前一种情况,但有关算法和思路同样适用于后一种情况。

(2)关于网络接入价格如何确定,可以有定价法和竞价法

两种方法,这里我们以定价法为主进行分析。但是在实现时,为了简化向用户传递价格的环节,借鉴了竞价法的思想,由用户在其连接请求中主动携带其支付意愿等信息。从这个意义上,接入价格类似于“智能市场”机制(smart market)中的出清价格(cutoff price)^[5],但两者形成的机理有所不同,并且前者是以连接为单位,后者以分组为单位。

(3)当前有一些多媒体应用,基于 SIP 或 RTSP 等协议完成连接和会话协商,数据传输则基于 UDP 协议完成,其速率控制和服务质量由上层应用通过自适应调整其编解码方法来实现。对这类应用,原则上也可以采用类似于 TCP 接入控制的定价机制来予以支持。

另外,对 TCP 连接进行接入控制(具体来说是进行 II 类阻塞判断时),还要考虑相继到达的 TCP 连接的相关性。以 Web 页面访问为例,其中大量嵌入了图片、Flash 动画及其它对象,这些对象往往通过超链接指向其它服务器。对浏览器而言,为显示一个完整的页面,就需要与一个或多个服务器建立多个 HTTP 连接,这些连接具有一定的相关度。如果只是允许其中的一部分连接而拒绝其它相关的连接,则总的浏览可能是无效的,至少是不完整的。从而在接入控制的过程中,要考虑 TCP 连接的相关性对接入控制的影响,但本文的重点在连接价格的确定上,所以对此不做详细讨论。

3 连接价格动态调整算法

基于价格实现 TCP 接入控制,需要确定一个合理的接入价格,该价格要能够体现用户的接入需求和网络的资源供给之间的关系。本节我们首先针对连接请求确定到达和随机到达两种情况,从理论上探讨最优接入价格的计算方法,然后结合实际网络中用户需求动态变化且难以准确预估的特点,提出根据资源利用率和连接阻塞率,动态调整连接价格的算法思想。

3.1 基本价格计算

假定网络的核心链路带宽为 C ,每一连接的期望传输速率为 R ,则在某一瞬时网络可接入的连接总数可以记作: $S(C) = \frac{C}{R}$ 。

设用户 i 的期望连接数为 D_i ,效用函数为 $U_i(D_i)$,该函数为严格凹的递增函数,则在预算约束 m_i 下,当 $D_i \cdot p = m_i$ 时,用户效用取得最大化。其中 p 表示每连接单位时长的价格, m_i 表示用户 i 在单位时间内愿意支付的费用。

定义网络系统的优化目标为资源约束下的用户总效用最大化,有

$$\max \sum U_i(D_i) \quad s. t. \quad \sum D_i \leq S(C) \quad (1)$$

$$\text{由于 } D_i = \frac{m_i}{p}, S(C) = \frac{C}{R}, \text{ 可知 } p \geq \frac{R \cdot \sum m_i}{C}$$

又效用函数 $U_i(D_i)$ 为严格凹的递增函数,从而当 $p = \frac{R \cdot \sum m_i}{C}$ 时,所有用户的总效用取得最大化。这说明,若所有用户的预算约束已知,则网络接入点根据链路容量和单位连接的期望传输速率 R ,即可设定一个合适的价格 p 。在该价格下,用户的实际请求数等于网络能够提供的连接数,I类、II类连接阻塞率均为 0,在期望的意义下,链路资源得到充分有效的利用。

3.2 连接请求随机到达时的价格计算

上面我们假定所有用户连接请求在同一时刻到达,未考虑用户请求到达的随机性,以及用户的连接时长。实际上用

户的连接请求可以看作一个随机过程,假定用户请求到达的时间间隔服从参数为 λ 的指数分布,连接时长(服务时间)服从均值为 τ 的任意分布(如重尾分布),则该接入控制和服务系统可以看作是一个 $M/GI//m/m$ 排队系统,其中 m 表示系统的最大接入容量 $S(C)$,以下假定其为一定值,记作 S_0 。该排队系统的阻塞概率 BP (Blocking Probability)和期望活动连接时长 ED (Expected busy connections Duration)可以分别表示为^[6]

$$BP=P(AC=S_0)=\frac{\rho^{S_0}}{S_0!} / \sum_{k=0}^{S_0} \frac{\rho^k}{k!} \quad (2)$$

$$ED=\rho(1-BP) \quad (3)$$

其中, AC (Active Connections)表示已接入活动连接数, $\rho=\lambda \cdot \tau$ 表示连接密度,即单位时间内到达排队系统并要求服务的总连接时长。

这里,排队系统的优化目标体现在两个方面:(1)连接请求阻塞率要尽可能地低;(2)期望活动连接时长要尽可能地高。显然这是一个多目标优化问题。通常我们可以在阻塞概率不高于某一设定值的情况下,寻找合适的参数设置,使得单位时间内期望活动连接时长最大化,其理论上限为 S_0 。

另一方面,根据前面分析,用户 i 单位时间内的连接需求(时长)为 $D_i = \frac{m_i}{p}$,而我们假定每一连接的持续时长服从均值为 τ 的任意分布,这样单位时间内每一用户的期望连接数 EC_i (Expected Connections)可以表示为 $EC_i = \frac{m_i}{p \cdot \tau}$ 。而根据前面假设,单位时间内到达排队系统的平均连接数为 λ ,于是有

$$\lambda = \sum \frac{m_i}{p \cdot \tau} = \frac{\sum m_i}{p \cdot \tau}$$

从而连接密度 $\rho = \lambda \cdot \tau = \frac{\sum m_i}{p}$ 。这里我们假定所有用户的连接时长独立同分布,与价格变化无关,价格变化只影响到用户是否发起连接即 EC_i 的多少。

这样,阻塞概率 BP 和期望活动连接时长 ED 均可表示为连接价格 p 的函数,接入控制问题转化为最优价格确定问题,即在阻塞概率 BP 不高于某一设定值的情况下,调整每连接单位时间的价格 p ,使得单位时间内期望活动连接时长 ED 最大化。注意,这里阻塞指的是上述定义中的 II 类阻塞。

而根据阻塞率计算公式(2),阻塞概率为连接密度 ρ 的增函数,又由于 ρ 与 p 成反比 $\rho = \frac{\sum m_i}{p}$,故阻塞概率为价格 p 的减函数,即价格越高,阻塞率越低。这样,给定可接受的最高阻塞率 BP_0 ,可以计算出最低的价格设置,记作 $p \geq p_0$ 。在此约束条件下,求解期望活动连接时长最大化问题,可以得到满足目标要求的价格设置 p^* 。或者,根据可接受的最高阻塞率 BP_0 ,计算出最高流量密度,记作 $\rho \leq \rho_0$ 。在此约束条件下求解 $\max \rho(1-BP)$,可以得到满足目标要求的连接密度 ρ^* 。再根据 $\rho = \frac{\sum m_i}{p}$ 关系,计算出最优价格设置 p^* 。

3.3 接入价格的动态调整

上面我们假定用户预算约束(愿付费用)确定,以资源利用率(期望活动连接时长)为优化目标,在一定的阻塞率约束下,得到理论上的优化价格设置。但是由于在实际应用中,总的用户数、每一用户的预算约束通常并不为网络所知,用户为取得更大的效用,还有可能动态调整其预算分配,总的连接需

求不能够通过一个确定的公式来描述。这时就需要基于上述思想,通过启发式算法,按照一定的时间间隔来动态设置网络接入价格:

(1)根据先验知识,设置价格 p 的初值,比如基于预估的用户总预算,按照上述优化方法进行设置。关于用户总预算 $\sum m_i$ 的估计,可以基于公式 $\lambda = \frac{\sum m_i}{p \cdot \tau}$ 进行,网络接入点统计单位时间内到达的连接请求数 λ 和每连接的平均持续时长 τ ,根据不同价格水平下 λ 和 τ 的变化做回归分析,得到 $\sum m_i$ 的估计值。

(2)当网络的实际利用率或接入连接数偏低,而 I 类阻塞率偏高时,可以认为之前的网络接入价格设置得偏高,超出了用户的预算接受能力,这时应适当调低价格,以接纳更多的用户连接,并鼓励用户连接需求。

(3)当网络的接入连接数接近于期望提供的连接数,但 II 类阻塞率偏高时,可以认为之前的网络接入价格设置得偏低,导致需求过于旺盛,并使得部分预算接受能力比较低的用户连接请求被接入网络。而由于资源被占用,一些愿意接受价格较高的用户被拒绝在网络之外,这时应适当调高价格,抑制用户需求,使得网络能够为出价较高的用户连接服务。

3.4 价格调整对已接入连接的影响

上面我们考虑的是某一新的连接到来后,如何对其实施接入控制。但由于价格是按照一定的时间间隔动态调整的,很多连接要经历多个这样的时间调整间隔。对价格调整之后,已有的连接按照什么样的价格来进行计费,是我们必须要考虑的问题。通常有两种选择:一种是不变,即接入时是什么价格就一直按照这个价格执行,直到连接结束;另一种是变,即实际计费按照当前价格执行,最初的接入价格只适用于连接接入的那个时间段。前一种方法,用户的期望支出相对固定,比较为用户所接受,但不能体现通过价格调整网络资源分配的思想。如果某一用户在价格较低时接入网络并一直保持连接,如某些大的文件传输,则它在网络资源相对紧张时仍以低价格占用网络资源,对其它用户是不公平的,也达不到网络资源分配和拥塞控制的目的。后一种方法,定价与计费比较能体现网络当前的使用状况,符合通过网络定价达到资源有效分配的思想,但价格变化过于频繁和动态,会给用户费用支出带来不确定性因素。正如文[7]所指出的,在连接持续过程中调整价格,往往并不会使用户早一些结束会话,因为他们无法预计这种调整还要持续多长时间。

对此,我们的做法是,在用户连接请求中设置两个价格: Access Price 和 Keep Price,前者用于接入控制,只有该价格高于当时的连接接入价格,才能够建立起连接;后者用于连接持续过程中的价格控制,当价格低于 Keep Price 时,保持连接并按照动态调整的价格对连接计费,这样用户要支出的费用仍是可以预期的;而当价格高于 Keep Price 时,要和用户进行协商,是提高其 Keep Price 设置,还是断开连接。若用户无确认,可直接断开连接,这取决于用户和网络之间的约定。

4 实现方案

上面我们讨论了网络接入点如何确定并动态调整连接接入价格,但是要实现基于价格的 TCP 接入控制,还须在端用户和网络接入点之间引入必要的价格协商和连接确认环节。本节对可选方案进行分析,并给出基于 Socks 代理协议的价格协商和接入控制实现方法。

4.1 可选方案分析

考虑到端到端的 TCP 连接建立,通常并不受网络中间节点(如路由器)的控制。为实现基于价格机制的 TCP 接入控制,需要引入接入控制点,对 TCP 连接过程进行必要的控制。可采取的做法包括:

(1)在网络接入点部署 Socks 代理,所有端系统的 TCP 连接都必须经过该代理实现(如通过 SocksCap 封装),在 Socks 代理上实现价格的动态调整和接入控制。关于价格如何传递,价格信息如何协商,可以在发起端到接入控制点的 Socks 连接建立之后,在认证环节引入一个价格协商的过程。而对由会话协议支持的多媒体应用,则可以利用 SIP、RTSP 等会话协议传递和协商价格信息,并根据这类连接的持续时长进行计费。

(2)Cisco 的 NAC(Network Admission Control)和 Microsoft 的 NAP(Network Access Protection)等网络接入管理方案,为基于定价的接入控制提供了实现平台。NAC 和 NAP 都属于网络访问管理的范畴,或者说是终端的检疫和隔离。它们要确保终端在接入网络之前必须经过安全配置——有防火墙、防病毒软件、及时更新过的补丁等——否则的话,这个终端就要被隔离。基于定价的接入控制可以利用上述平台提供的 API 得到实现。

(3)当前有些宽带网络会在用户首次连接网络时,弹出要求登录的界面。可以利用这样的登录交互过程,通过必要的控件或 Applet,在用户和网络间交换价格信息。仅当用户愿意支付的价格高于网络给出的接入价格时,用户的接入认证才算完成。而在随后的连接和数据访问过程中,如果由于接入价格提高导致 I 类阻塞,也可以通过弹出通知的方式告诉用户,并发起重新协商。

方案(2)和(3)分别需要结合具体的网络访问管理措施和特定运营商的登录认证机制,才能予以部署,局限性较大。而方案(1)中的 Socks 代理,由于具有独立于特定应用协议的特性,在实际网络中得到了广泛的应用,从而部署起来会更加方便。下面我们就结合 Socks 代理协议的实现过程,通过扩充新的验证方式,给出基于价格的 TCP 接入控制的实现方法。

4.2 基于 Socks 代理协议的实现方案

Socks 协议是一种支持 Client/Server 结构的网络应用穿越防火墙的、通用的应用层网关协议,RFC1928 提出的 Socks5 支持 TCP/UDP 协议,支持多种验证方式和 IPv6 协议^[8]。Socks 协议交互包括三个环节:

(1)客户端建立与 Socks Server 的 TCP 连接(一般是 1080 端口),并协商验证方式,完成用户认证。协议格式为:

Client→Socks Server:

版本号(1 字节)|支持的验证方式数(1 字节)|验证方式列表(1~255 字节)

客户端通过此消息,告知 Socks Server 它支持哪些验证方式,比如:

0x00 无验证要求

0x02 用户名/口令

0x80 — 0xFE 留作私用

0xFF 无可接受的验证方式

Socks Server → Client:

版本号(1 字节)|服务器选定的验证方式

Socks Server 通过此消息,告知客户端采用何种验证方式。

Client→Socks Server:

0x01 | 用户名长度(1 字节)|用户名|口令长度(1 字节)|口令

客户端按照协商好的验证方式(这里以用户名/口令方式为例),向 Socks Server 发出验证请求。

Socks Server→Client:

0x01 | 验证结果

Socks Server 向客户端返回验证结果,其中 0x00 表示验证通过,其它表示出错。

(2)客户端与 Socks Server 交互连接信息,由 Socks Server 建立与远端服务器的连接,并维护用于数据转发的地址/端口映射关系。协议格式为:

Client→Socks Server:

版本号(1 字节)|命令(1 字节)|保留(0x00)|地址类型(1 字节)|目的地址(根据地址类型取不同长度)|目的端口(2 字节)

客户端向 Socks Server 发出命令请求,Socks Server 根据该请求建立到目的服务器的连接,或是建立地址/端口映射,并向客户端返回响应,其中命令目前支持以下三种:

0x01 CONNECT 建立到目的地址/端口的 TCP 连接

0x02 BIND 指示 Socks Server 在相关端口等待服务器方的连接

0x03 UDP ASSOCIATE 建立 UDP 数据转发的映射关系

Socks Server → Client:

版本号(1 字节)|响应(1 字节)|保留(0x00)|地址类型(1 字节)|绑定地址(根据地址类型取不同长度)|绑定端口(2 字节)

Socks Server 向客户端返回响应,其中 0x00 表示命令成功执行,其它表示出错。

(3)完成实际的命令和数据转发。Socks 代理与其它应用层代理如 HTTP、FTP、RTSP 代理不同,它只是简单地转发数据包,而不关心是何种应用协议。

从 Socks 协议的交互过程可以看出,其用户验证环节能够为价格传递和协商提供一定支持。具体来说,可以扩展定义新的验证方式,在验证交互的过程中,要求客户端提供其愿意支付的价格等信息,Socks Server 根据基于价格的接入控制策略,决定用户能否接入及验证是否成功。参考 Socks5 协议规范,在用户名/口令验证方式的基础上,我们定义如下验证方式:

0xF1 基于价格的接入验证

采用该验证方式,客户端需向 Socks Server 发出如下格式的验证请求消息:

0x01 | 用户名长度(1 字节)|用户名|口令长度(1 字节)|口令|价格长度(1 字节)|愿意支付的价格

Socks Server 在收到客户端的验证消息后,按以下顺序进行用户身份验证和接入控制处理:

(1)若用户名/口令不对,则返回如下验证结果:

0x01 用户名/口令出错

(2)若用户愿意支付的价格低于网络接入价格(I 类阻塞),则返回:

0x02 用户愿意支付的价格低于网络接入价格

(下转第 81 页)

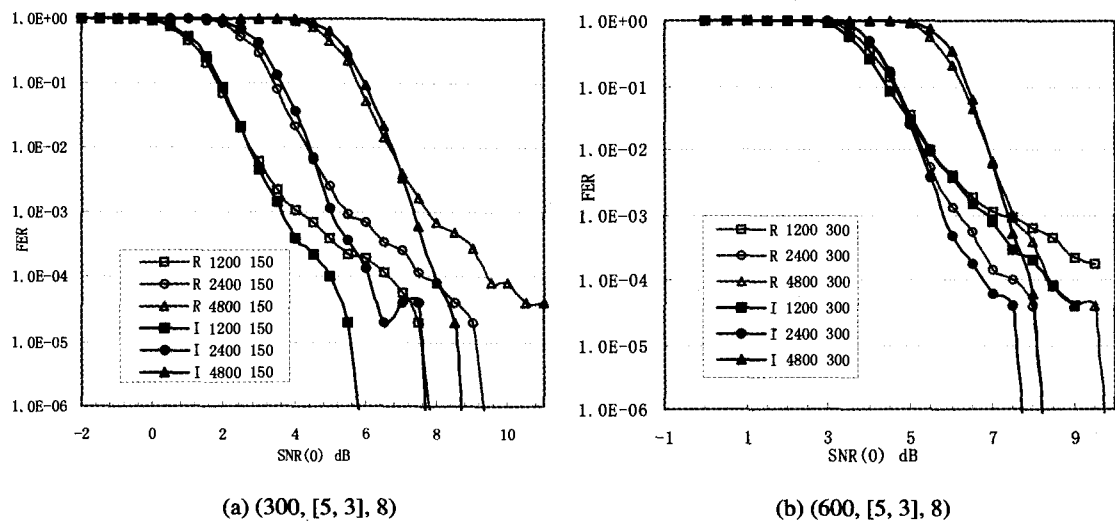


图5 规则(3,6)LDPC码与所提出的非规则 LDPC码的误帧率性能比较图

目前,我们正采用密度进化理论^[9,10]对有关非规则 LDPC码在流星余迹信道中性能优于规则 LDPC码的性能的原因进行深入的研究。

参考文献

- 1 Fukuda A. Meteor burst communications. Tokyo: Corona Publishing Co Ltd,1997
- 2 Schilling D L. Meteor burst communications—Theory and practice. New York, John Wiley & Sons Inc,1993
- 3 Miller S L, Milstein L B. Error correction coding for meteor burst channel. IEEE Trans Comm, 1990, 38:1520~1529
- 4 Brayer K, Natarajan S. An investigation of ARQ and hybrid FEC-ARQ on an experimental high latitude meteor burst channel. IEEE Trans. Comm,1989,37:1239~1242

- 5 Pursley M B, Sandberg S D. Variable rate coding for meteor burst communications. IEEE Trans. Comm, 1989, 37:1105~1112
- 6 Jacobsmeier J M. Adaptive trellis-coded modulation for bandwidth limited meteor burst channels. IEEE Journal on Selected Areas in Communications,1992, 10(3): 550~561
- 7 Gallager R G. Low Density Parity-Check Codes. Cambridge, MA; MIT Press, 1963
- 8 MacKay D J C. Good error correcting codes based on very sparse matrices. IEEE Trans Info Theory,1999, 45:399~431
- 9 Bennatan A, Burshtein D. On the application of LDPC codes to arbitrary discrete-memoryless channels. IEEE Trans on Information Theory,2004, 50(3): 417~438
- 10 Kasai K, Shibuya T, Sakaniwa K. Detailed representation of irregular LDPC code ensembles and density evolution. ISIT'2003. 121

(上接第 73 页)

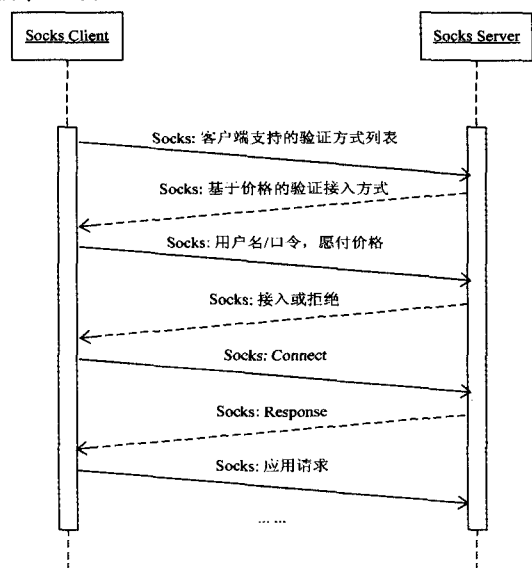


图1 基于 Socks 协议的价格协商和认证过程

(3)若当前网络处于拥塞状况,接入的用户连接数已经达到网络可接纳的值(II类阻塞),则返回:
 0x03 接入的用户连接数已经达到网络可接纳的值
 (4)若上述各项检查均已通过,则返回:
 0x00 验证通过,进入下一步协议交互
 上述支持价格传递和协商的 Socks 协议交互过程,可用于实现本文提出的基于价格的 TCP 接入控制,其时序图描述

如图 1。

结束语 本文面向 TCP 连接类应用,探讨了基于价格的接入控制思想,并针对连接请求确定到达和随机到达两种情况,从理论上探讨了最优接入价格的计算方法。结合实际网络中用户需求动态变化且难以准确预估的特点,提出了根据资源利用率和连接阻塞率,动态调整连接价格的算法思想,并分析了价格调整对已接入连接的影响。在此基础上,给出了基于 Socks 代理协议的价格协商和接入控制实现方法。这种基于价格的接入控制思想,对有会话控制协议(如 SIP、RSTP)支持的多媒体服务的接入控制具有同样的借鉴意义。

参考文献

- 1 Allman M, Paxson V, Stevens W. TCP Congestion Control. RFC2581, April 1999
- 2 Floyd S, Fall K. Promoting the Use of End-to-End Congestion Control in the Internet. IEEE/ACM Transactions on Networking, 1999, 7(4): 458~472
- 3 Shu J, Varaiya P. Pricing network services. IEEE INFOCOM'03,2003, 22(1): 1221~1230
- 4 Schenk R. http:// ingrimayne. saintjoe. edu/econ/TOC. html, 1998
- 5 Mackie-Mason J, Murphy J, Murphy L. The Role of Responsive Pricing in the Internet. In: McKnight L W, Bailey J P, eds. Cambridge, Massachusetts; MIT Press, 1997
- 6 Keon N, Anandalingam G. Optimal Pricing for Multiple Services in Telecommunications Networks Offering Quality-of-Service Guarantees. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2003, 11(1): 66~80
- 7 Shih J, Katz R, Joseph A. Pricing experiments for a computer-telephony-service usage allocation. IEEE GLOBECOM'01, Nov. 2001. 2450~2454
- 8 Leech M, Ganis M, Lee Y, et al. SOCKS Protocol Version 5. IETF RFC1928, March 1996