

IP 网络端到端 QoS 控制方法的研究^{*}

Research On E2E QoS Control

陈庶樵 邬江兴

(国家数字交换系统工程技术研究中心 郑州 450002)

Abstract This paper is a technical report on E2E QoS Control, including QoS's concepts, QoS principles and E2E QoS etc.

Keywords QoS, Internet, E2E

1 背景

现时 Internet 网络用户对 Internet 的抱怨往往是关于其服务质量 QoS(Quality of Service)。在大多数情况下,传输较大的文件需要太长的时间,而 Internet 的时延抖动又会使得实时业务难以开展。在现行的 Internet 的机制中,数据的传输一般是基于尽力传送(best-effort)方式,而没有一种保障服务质量的机制。任何用户都不可能通过增加自己的网络使用费来提高网络对自己的服务质量。Internet 要得到进一步的发展,就必须提供这样一种方法,即用户可以提高网络使用费来改善服务质量,如小的时延和稳定的时延抖动;而当用户不需要高的服务质量时,网络使用费应随之下降;同时,当用户所交纳的网络使用费用一样时,应该公平地分配网络资源。

客观上讲,直至二十世纪九十年代初期,Internet 只是在网络层面上提供点到点的尽力传送的数据报服务,而这种服务只能满足当时占 Internet 主流的 FTP 和 TELNET 等简单业务的需要。在 Internet 控制层面上的资源管理机制仅仅被用于建立动态路由。随着 IP 多点广播的引入和随之而来的音频、视频业务的普及,建立一种集成服务网络体系结构 ISA(Integrated Services Architecture)成为 Internet 可持续发展的必要条件,为数据流提供一定指标的服务质量即 QoS 是现在 Internet 服务提供商 ISP 最为关注的问题。RSVP、DiffServ 等 QoS 控制协议随之应运而生,这些协议旨在为 Internet 上的实时、多媒体应用提供 QoS 保障,使 Internet 成为真正的集成服务网络。

不同的网络应用对网络传输时延、时延抖动和数据包丢失率等指标的要求不同。比如 FTP 对数据包丢失率比较敏感,而对传输时延、时延抖动要求不高;视频点播 VOD 则正好相反。从根本上说,QoS 包括所有那些为网络管理者提供控制网络传输时延、时延抖动和数据包丢失率的机制,这些机制使网络可以提供网络视频会议等实时、多媒体业务,在广域网上为不同的业务、网络应用、组织甚至数据流提供不同的服务等级 SLA(Service Level Agreement)。本文讨论的是 Internet QoS 问题中最受业界瞩目的端到端 QoS 即 E2E QoS(End-to-End QoS)控制方法。

2 什么是 QoS

从狭义的范围来说,QoS 是指网元(路由器或网关)在一定程度上能够满足流量及业务需求的能力。从广义的范围来说,QoS 是指所有的网络设备,包括所有的网络主机,涵盖一切在网络上运行的软硬件,在一定程度上能够满足流量及业务需求的能力。本文所讨论的 QoS 是指后者。

QoS 并不能增加网络的带宽资源,不能提高网络主机 CPU 的速度,这一点是肯定的。QoS 只是根据业务的需求和网络管理配置管理资源,因此,QoS 是将资源(包括带宽、CPU 时间片、缓存容量等)分配给特定的数据流,而且 QoS 并不保证那些尽力传输型业务的服务质量。

从本质上讲,存在两种形式的 QoS:一是资源预留(Resource Reservation):资源以业务的 QoS 要求为根据进行分配,并且服从于资源管理策略。RSVP 就是典型的提供网络资源预留机制的协议;二是优先级划分(Prioritization):根据资源管理策略,将各种网络应用加以划分,赋予不同的优先级。对那些 QoS 要求较高的应用分配高优先级,反之则分配低优先级。DiffServ 协议提供网络资源优先级划分机制。

应该指出的是,这两种 QoS 并不是互斥的,与此相反,它们是完全兼容的。只有充分考虑、合理设计这两种 QoS,利用它们的互操作性,才能在 Internet 这一异种网络互联的网络上为用户提供满意的服务质量。

按照 QoS 对应用数据流的控制方式,又可以将 QoS 分为以下两类:①单一流 QoS:一个流被定义为一个独立的、单向的两个应用之间的数据流,它具有唯一的五元组(传输协议、源地址、源端口号、目的地址、目的端口号)。单一流 QoS 指的就是对每一个这样的单一数据流分别进行控制;②聚合流 QoS:聚合流指两个或两个以上的流组成的数据流的集合。通常每一个聚合里的数据流具有一些相同的特征,如一样的优先级、相同的认证信息或相似的五元组等等。聚合流 QoS 指的是对聚合流里的数据流进行统一的 QoS 控制。

3 研究 QoS 问题的必要性

随着 Internet 的迅速膨胀,IP 网络 QoS 问题日益受到人们的关注。增加经常发生阻塞的链路的带宽是一种显然的解决方法,但不幸的是,IP 网络的 QoS 问题并不是简单的网络

^{*})八六三计划通信技术主题专家组成员课题(863-317-04-05-99),河南省自然科学基金项目(0111061300)。陈庶樵 博士研究生,主要从事 IP 网络体系结构分析研究工作。邬江兴 教授,博导,国家 863 高技术研究发展计划通信技术主题专家组成员,主要从事信息系统和计算机应用研究工作。

带宽问题。

3.1 应用驱动网络的发展

网络的存在源于网络所支持的应用,没有网络应用,网络的存在就没有价值。因此,网络应用刺激着网络新技术的产生,或者更为直接地说,网络用户驱动着网络的发展。

不同的网络应用有着不同的运作模式,对网络服务的需求也不尽相同。随着网络用户和网络流量的增加,网络运营商的确要不断地拓宽网络的覆盖范围以及增加网络带宽,但是,例如 VoIP 一类的新业务却对网络有着不同的要求,而不是仅仅增加带宽就可以满足的。

网络的应用可以参照两种分类标准进行分类,其一是按照应用数据流的速率,如表 1 所示;其二是按照对网络时延的承受能力,如表 2 所示。

正如前面所提到的,VoIP 一类的新业务却对网络有着不同的要求。这一类的新业务对网络的带宽资源的要求远不如对实时性的要求。随着信元编码和数据压缩技术的提高,这类业务对带宽的要求将逐渐降低,但我们很难想象不保证实时性的 IP 电话会存在市场价值。要实现真正的网络互联和三网合一,QoS 问题是不容忽视的。

表 1 以传输速率是否可预测为标准区分数据流类型

数据流类型	描述
流数据	传输速率可估计的相对连续的数据流。例如,语音和视频数据流,因为其传输速率有上限。
突发数据	传输速率不可估计的相对离散的数据流。例如,文件传输,因为其传输速率无上限,而是与其可获得的网络资源有关。

表 2 以传输时延敏感度为标准区分数据流类型

	传输类型	描述	举例
高 ↑ 时延 承受 能力 ↓ 低	异步型	对传输时延无要求。	电子邮件
	同步型	对传输时延敏感,但具有相当的弹性。	文件传输
	交互型	对传输时延敏感,但传输时延不会影响到可用性。	在线聊天
	等时型	对传输时延敏感,而且传输时延在一定程度上影响可用性。	IP 电话,视频会议
	关键任务型	传输时延影响可用性。	实时监控系統

3.2 必要性与充分性问题

没有人否定增加带宽是 Internet 可持续发展的必要条件,但由于网络的某些不可预见性,使我们逐渐认识到增加带宽并不是提高 Internet QoS 充分条件,没有人能够预测当微软发布最新版 IE 和斯塔尔公布克林顿-莱文斯基调查报告时,我们无法计算出到底要为这些相关站点提供多么大的带宽,才能满足全世界网络用户的需求。当这些事情发生时,只支持尽力传输型的 Internet 显然不是我们想象中的理想网络。另外,以现今的网络基础设施建设技术来讲,提供给足够的或者超过一般情况下所需要的带宽资源也是不经济的和不现实的。

3.3 商业挑战与机遇

在 Internet 上提供 QoS,必然会是一部分用户或应用得到更多的资源,而另一部分用户或应用则会受到一定程度上的损失。因此,ISP 需要研究 QoS 策略以及策略的执行机制。同时,对于不同的用户还需要提供认证、鉴权和计费,以保证

QoS 策略能在公平的条件下执行。这些新技术的应用对网络运营商和网络设备制造商来讲,既是挑战又是机遇。说它是挑战,是因为这些技术还都不是成熟的技术,有很多方面需要完善和改进;说它是机遇,因为我们知道,每一次科学技术上的革新,都会推动生产力的发展,能够提供高 QoS 的 ISP 和设备制造商必将得到巨大的商业利益。

4 研究 QoS 问题的原则

在研究 QoS 问题时,有五个我们必须遵循的原则:集成、相对独立、透明、异步资源管理和简单的原则。

4.1 原则之一:集成

集成的原则是指,为保证真正意义上的 E2E QoS,在网络的各个层面上都应该保证 QoS 是可配置、可预测和可维护的。数据流经过各个资源层面的 QoS 控制模块,包括 CPU、缓存、存储设备和网络,源端协议栈自顶向下,经由网络,再由目的端协议栈自底向上到达接收方,途中所经过的各个层面、模块都必须提供 QoS 可以配置(基于 QoS 规范),资源确保(基于 QoS 控制协议),可维护的(基于监视机制)。缺少任何一点都不可能真正保证 E2E QoS。

4.2 原则之二:相对独立

相对独立的原则是指网络用户数据的传输与 QoS 控制、管理数据的传输是相对独立的。通常,用户数据的传输需要较大的带宽、较小的时延和时延抖动;而 QoS 控制、管理数据等一类信令数据的传输则不需要很大的带宽,对时延和时延抖动的承受能力也相对来说强一些。

4.3 原则之三:透明

透明的原则是指通过定义一组 QoS 接口函数 API,使应用和 QoS 控制实体分离。这样做的好处有三点:首先是应用不需要有内置 QoS 控制模块;其次是对用户隐藏了 QoS 控制的细节;最后是降低了 QoS 控制实体的设计与实现的复杂度,使其有更好的可升级性。

4.4 原则之四:异步资源管理

Internet 是建立在逐跳转发(hop-by-hop forwarding)模型之上的,因此每一个网络节点都不知道数据包从源端到目的端所经过的所有路径,因而也不能够确保何时数据包能够传递到目的端,甚至也不能保证是否能够传递到目的端。因此,在资源预留控制时,不可能同时预留所有需要的资源,只能进行异步的资源管理。

4.5 原则之五:简单

简单的原则无疑符合 Internet 哲学,这一点已经从 Internet 当今的成功得到证明,无须进一步的说明。

4.6 一个失败的例子

由一个典型的例子可以使我们从另一个角度看 QoS 原则。这是一个被称为动态接入费率的 QoS 控制方法。其基本思路如下:

动态接入费率算法的思路是在每一个分组中加入一个 bid 信息位,它表示了用户为这一分组的成功传送所乐意承担的费用。当网络发生拥塞的情况时,路由器根据拥塞的状况计算出一个费用的门限值,高于这一门限值的分组将被优先发送出去,而低于这一门限值的分组则会被丢弃。动态接入费率算法的设计思想取材于投标这一商业活动。用户为提高网络对自己的服务质量,就要与其他的用户竞标。这在用户对网络运营状况以及对其他用户比较了解时,这种算法会有比较好的效果。

动态接入费率算法由 Mackie Mason 于 1993 年提出,至今也没有一个可以称得上成功实际应用。动态接入费率算法所带来的问题是它使用户过多地考虑为达到一定程度的服务质量所需要承担的费用,而精确的费用往往是用户不可能知道的。用户要么付出了过多的价钱,要么因为估计错误少付了费用,而没有得到所需要的服务质量。另一方面,过度复杂的费率调整使得用户忽视了所使用的具体业务,这将使网络运营商在确定不同业务的费用方面的灵活性大大降低,同时也使得计费软件的设计十分复杂。这无疑不符合简单的原则。同

时,它要求用户对网络运营状况以及对其他用户比较了解,这又不符合相对分离和异步资源管理的原则。这些都直接导致了动态接入费率算法最终的失败。

5 E2E QoS

随着 VoIP、VOD、视频会议以及众多多媒体业务的出现,E2E QoS 控制问题,即网络数据如何从源端传递到目的端,如何保证时延、抖动以及丢失率等指标,日益受到业界的瞩目。一个典型的 E2E QoS 问题如图 1 所示。

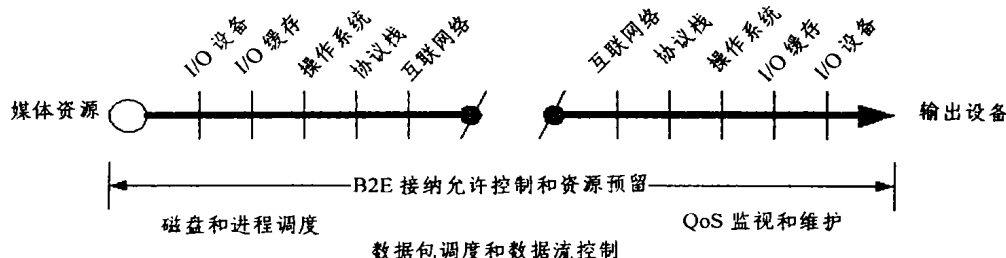


图 1 典型的 E2E QoS 问题

从图 1 可以看出,当数据包从源端传递到目的端时,QoS 依赖于若干因素,包括 I/O 设备、缓存管理、操作系统的支持、协议栈以及网络。这其中,存在着许多问题有待于进一步的研究:如接纳允许算法、资源预留机制、服务区分机制、QoS 监视和维护策略,甚至还要包括磁盘和进程调度算法的改进。所有这些问题都包含在 E2E QoS 问题之中。

根据作用对象的不同,E2E QoS 问题可以分为以下四类:

- 网络主机 QoS 问题:包括网络主机(服务器或客户机) I/O 设备的管理、操作系统中的进程调度算法的设计、协议栈软件的设计、接纳允许算法的设计等;
- 路由器 QoS 问题:包括输入/输出队列管理、区分服务(Diff-Serv)、数据包调度算法等;
- 网络 QoS 协议及体系结构:包括资源预留(RSVP)、多协议标签交换(MPLS)、QoS 策略以及 QoS 体系结构(QoS-A)等;
- QoS 策略:包括策略决策点 PDP(Policy Decision Point)以及策略执行点 PEP(Policy Enforcement Point)等的

研究。

小结 本文讨论了有关端到端 QoS 控制方法的有关问题,包括:QoS 的概念、QoS 原则、研究 QoS 问题的必要性以及 E2E QoS 等问题。应该指出的是,本文所讨论的问题只是从综述的角度出发的,因而有些方面还非常肤浅,恳请广大同仁斧正。

参考文献

- 1 Ferguson P, Huston G. Quality of Service. John Wiley & Sons, 1998
- 2 Braden R, Clark D, Shenker S. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview. Internet RFC 1633, Jun. 1994
- 3 Jain R. Myths about Congestion Management in High Speed Networks. Internetworking: Research and Experience, 1992, 3: 101~113
- 4 Shenker S, Partridge C, Guerin R. Specification of Guaranteed Quality of Service. RFC 2212, Sept. 1997
- 5 Braden R, et al. Resource ReSerVation Protocol RSVP Version 1 Functional Specification. RFC 2205, Sept. 1997 txt, May 1998

(上接第 40 页)

失效隐患,而且便于扩展;(2)结合使用了基于主机和基于网络的检测模式,能同时对整个网络和网络中的主机进行检测;(3)系统中的运行实体移动 agent 具有一定智能,可实现交互,而且添加方便,从而提高了整个系统的灵活性和智能性。

但是,目前移动 agent 的技术发展还不很成熟,还有许多技术难点有待解决,因而本体系只是对移动 agent 在入侵检测领域中应用的初步探索和简单实现,还存在一些不足,例如目前系统中主要采用的只是误用检测策略,功能还不是很强等。利用移动 agent 的智能性和协作性,在系统中结合异常检测和误用检测技术,增加响应方式(例如可实现攻击诱骗技术),以及增强自身的抗攻击性等是未来的研究方向。

总之,移动 agent 技术的发展,为入侵检测系统的研究提供了一个新兴方向。由于移动 agent 所具有的优点,使得它在入侵检测领域有着很好的应用前景,本系统就是一个有益的尝试。

参考文献

- 1 Bace R, Mell P. Intrusion Detection Systems. NIST Special Publication on Intrusion Detection Systems. 1999
- 2 Huhns M N. Mobile Agents. IEEE Internet Computing, May-June 1997
- 3 <http://www.focus.gmd.de/usr/covaci>. The First Reference Implementation of the OMG MASIF-Mobile Agent System. Interoperability Facility, 1998