

一个基于 SLS 的接入网边到边 QoS 管理机制

张晋豫*** 孟洛明* 邱雪松* 李红辉** 刘 峰**

*(北京邮电大学计算机系 北京 100876)

** (北京交通大学计算机与信息技术学院 北京 100044)

摘 要: 该文提出了一个基于 SLS 的 EPON 的边到边 QoS 管理机制。通过 EPON 很好地解决了带宽不足问题; 通过优化度评估算法为用户业务选择业务类。由于优化度评估公式基于用户在市场上的行为, 考虑了负载、价格和性能因素, 因此不但可通过引导业务量沿不同的业务类有序分布在 DiffServ 机制下实现了对用户业务的定量的边到边 QoS 保证, 同时可以提高用户业务的性能价格比。实验结果很好地证明该机制的优点。

关键词: 边到边 QoS 管理, 以太网无源光网络, 差分服务, 业务水平说明, 媒体接入控制

中图分类号: TP393 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-5896(2005)07-1141-06

An SLS Based Edge-to-Edge QoS Management Mechanism in Access Network

Zhang Jin-yu*** Meng Luo-ming* Qiu Xue-song* Li Hong-hui** Liu Feng**

*(School of Computer, Beijing University of Posts and Telecomm., Beijing 100876, China)

** (School of Computer & Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract This paper addresses a Service Level Specification (SLS)-based quantitative edge-to-edge QoS management mechanism in access network. By using Ethernet Passive Optical Network(EPON), it well settles the insufficiency of bandwidth in IP, it selects a service class for user service by the evaluation algorithm of optimal ratio, because the evaluation formula of optimal ratio is based on the user behavior in market and takes into accounts burden element, price element, and performance element, it not only can support quantitative QoS in DiffServ by inducing traffic orderly distributed along the service class, but also can provide well performance with less cost. Experimental results have perfectly verified it's metrics.

Key words Edge-to-edge QoS management, Ethernet passive optical networks, DiffServ, Service level specification, Media access control

1 前言

社会信息化和用户的个性化的发展导致用户需求的多样化, 要求运营商提供多样化的业务; IP 技术的发展导致业务的综合化, 多媒体业务已经成为下一代网的主流^[1]。基于不同“经济层次”的群体必然产生不同层次的服务需要; 对应于不同层次的网络质量服务, 这要求 IP 网络必须演化为一个支持多业务级别、多业务种类的商业化网络。要在 IP 网络上传输实时多媒体业务, 要求 IP 网络必须提供端到端定量 QoS 保证, 由于“最后一公里瓶颈”问题目前还是制约传输质量的主要问题, 因此解决接入网络的边到边定量 QoS 管理问题是实现端到端定量 QoS 管理的关键。DiffServ 模型由于其良好的扩展性被学术界和工业界广泛认可, 同时在核心网

络得到广泛支持, 但 DiffServ 模型只提供对用户数据包按照业务级别的相对优先转发, 本身不是一个提供定量 QoS 保证的机制^[2]。因此研究在 DiffServ 模型下接入网络的边到边定量 QoS 管理问题具有重要意义。

欧盟支持的 IST 项目中 HARMONICS^[3]工程在自己开发的 OFN (Optical Feeder Network) 上, 提出了一个接入网络的边到边定量 QoS 管理机制^[4], 它通过 DiffServ 来提供 QoS 保证, 通过由 SDM (Space Division Multiplex), WDM (Wave Division Multiplex) 以及 TDM (Time Division Multiplex) 技术实现的 OFN 的 MAC (Media Access Control) 来支持宽带接入和定量的性能控制, 但它存在以下缺点: 由于只以 DSCP 和带宽为输入参数, 缺乏对性能参数 (时延、时延抖动和包丢失率) 定量控制的考虑, 严格来说不能提供定量的 QoS 保证; 缺乏对价格和负载均衡问题的考虑; 由于 OFN 结构非常复杂和难于实现复杂的拓扑, 因此扩展性较差; 由于价格昂贵, 因此广泛普及受到限制。

APON (ATM Passive Optical Network)^[5]通过 DiffServ 机制来提供 QoS 保证, 通过在链路层使用面向连接的 ATM 技术和 PON 技术来支持宽带接入和定量性能控制, 但它也存在以下缺点: 由于需要实现 ATM 与 IP 之间的复杂的协议转换, 因此扩展能力不高; 带宽扩展受限, 不能提供 622Mbit/s 以上带宽; 对视频支持不足; 技术复杂, 成本高, 因此难于普及。

TEQUILA^[6]提出一个通用的基于 SLS(Service Level Specification)业务管理的 DS(DiffServ)域边到边 QoS 管理机制^[7,8], 可以用于接入网络, 但它只把负载作为优化的条件, 而没有考虑价格和性能因素。

本文提出了一个基于 SLS 业务管理的 IP-DiffServ 接入网络的边到边定量 QoS 管理机制。它用 EPON^[9]作为接入网络, 不但很好解决了带宽不足问题, 而且克服了 HARMONICS 的 OFN 和 APON 的扩展性差和普及困难等缺点; 它通过优化度评估算法给用户业务选择业务类, 由于优化度评估公式基于用户在市场上的行为, 包含了负载、性能和价格因素。因此, 不但可以实现在 DiffServ 机制下给用户的业务提供定量 QoS 保证, 而且可以提高用户业务的性能价格比。

本文以下的部分组织如下: 第2节介绍了基于 SLA 的边到边 QoS 网络管理机制; 第3节介绍实验结果; 第4节给出结论。

2 基于 SLA 的边到边 QoS 管理机制

本机制通过基于 SLS 的业务管理实现了对业务量的优化管理, 通过 EPON 的 MAC 支持, 在 DiffServ 机制下实现了对用户业务的定量 QoS 管理。

本机制分为3部分: (1) 基于 SLS 的优化的业务管理; (2) 媒体接入控制技术; (3) 定量边到边 QoS 保证实现过程。

2.1 基于 SLS 的优化的业务管理

基于 SLS 的业务管理可以用图1来表示:

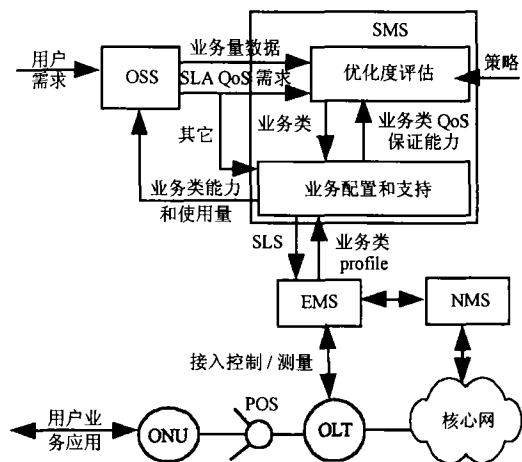


图1 SLS 业务管理

客户通过 ISP 的 OSS (Operation Support System) 向 ISP (Internet Service Provider) 提供自己的业务需求, 在 EPON 的 QoS 保证能力, 也就是 EPON 支持的不同业务类保证的 QoS 能力能够满足用户业务的 QoS 需求的前提下, ISP 通过 OSS 和用户通过协商签署 SLA (Service Level Agreement), 在 SLA 中明确规定了用户业务的最低 QoS 要求, 可用下面的集合表示:

$$\{w_{\min}, w_{\text{want}}, d, j, l\} \quad (1)$$

式中的元素依次表示: 最小带宽、理想带宽、最大时延、最大时延抖动和最大包丢失率。

OSS 系统把用户业务 SLA 中规定的 QoS 要求传送到 SMS (Service Management System) 的优化度评估机制, 把用户业务 SLA 的其它数据传递给 SMS 的业务配置和支持机制, 同时也把整个 EPON 的业务量数据, 也就是不同业务类的使用率传输到 SMS 的优化度评估机制。

根据 RFC2475, 在 DiffServ 模型下, 一个 PHB (Per Hop Behaviour) 的转发行为 (也就是说, 包丢失率、时延、时延抖动) 主要由它的负载决定, 不同 PHB 转发行为由分配给它们的资源多少决定^[10]。因此可以通过控制一个 PHB 的负载来控制它的 QoS 保证能力, 业务类的负载越大, 它发生拥塞的概率就越高, 排队时延、时延抖动和丢包率就越大, 当控制业务类的负荷在一个最大值以内时, 就可以控制业务类保证的时延、时延抖动和丢包率有一个边界值, 也就是说业务类可以提供定量的 QoS 控制了。在 DiffServ 模型下, 当高级别的 PHB 发生资源紧缺的时候, 它可以通过调度机制来借用下一个低优先级 PHB 的资源, 为了防止低优先级 PHB 资源枯竭, 通常给每一个 PHB 定义一个最大带宽。同样, 为了防止一个用户业务无限制地占用它所属业务类 (映射为一个 PHB) 的带宽而使其它用户的业务被拒绝, 也给一个用户业务可使用的带宽定义一个最大值。EPON 的 EMS (Element Management System) 把不同业务类的 QoS 能力, 也就是不同业务类保证的 QoS 性能参数的边界值也传输到 SMS。由于 EPON 的网络管理功能全部集中在 OLT (Optical Line Terminal) 中, 因此, EPON 没有 NMS (Network Management System), 它通过 EMS 和 SMS 直接交互。EPON 的不同 PHB 的能力可以用下面集合表示:

$$\{w_i, d_i, j_i, l_i, \text{Max}_w, \rho_i^{\max}\} \quad (2)$$

式中的元素依次表示: 用户业务可使用的最大带宽、时延边界值、时延抖动边界值、包丢失率边界值, 业务类拥有的最大带宽、业务类的最大负荷。

在 SMS 中, 优化度评估机制根据用户业务的 QoS 需求、不同业务类的使用率、不同业务 QoS 保证能力以及 ISP 的运营策略, 按照优化度评估算法给用户的业务算出一个业务类, 并把它传递给一个 EMS 的业务配置和支持机制。用户的业务类以及用户业务 SLA 除 QoS 要求以外的其它数据一般用非技术的语言描述, 因此, 需要翻译成网络能够理解的技术参数集合 SLS 才能被 EMS 用来配置用户业务、支持用户业务以及作接入控制。SMS 的业务配置和支持机制在综合了用户业务的业务类、用户业务 SLA 除 QoS 要求以外的其它数据, 以及每一个业务类流属性描述文件 (Flow profile) 后, 得到用户业务得 SLS, 并把它传递给 EPON 的 EMS。EPON 的 EMS 把业务类的流特性描述文件传送给 SMS 的业务配置和支持机制, 后者算出每一个业务类的能力和用量, 并把它分别传递给 OSS 和优化度评估机制。

2.1.1 优化度评估 在市场环境中, 用户在选择商品或业务时, 通常都要对用户的优化度进行评估, 并基于最优化原则来作选择。本文通过优化度评估机制来给用户的业务选择业务类, 因此, 也应该依据用户的评估标准来进行评估、并基于最优化原则来作选择, 只有这样, 选择的业务类才能被用户评为最优, ISP 才能吸引更多用户。

在市场环境下, 性能价格比是优化度的核心, 性能价格比越高, 优化度就越高。由于在 DiffServ 模型下, 业务类的负载决定了它保证的 QoS。当一个业务类的使用率超过最大负荷时, 它保证的 QoS 就满足不了用户业务的 QoS 需求。因此, 无论该业务类的性能价格比如何, 用户都不会选择它; 当一个业务类的负载为零时, 用户只参考性能价格比来作选择; 随着业务类负载增加, 用户对它的兴趣加速变小。因此, 业务类的优化度评估公式可表示为

$$o_i^p = [1 - (a_i / \rho_i^{\max})^\varepsilon] o_i^p, \quad \varepsilon > 1 \quad (3)$$

其中 o_i , a_i , ρ_i^p , ε 分别表示第 i 个业务类的优化度评估值、使用率、性能价格比评估值和调整常数因子, 其它参数参考式(2)。

性能价格比评估值: 性能价格比应包括性能和价格两部分。如果业务类保证的性能达不到用户的业务的性能需求, 无论业务类价格多么便宜, 用户都不会选择它, 它的性能价格比为零; 同样, 用户的每一个业务都有一个预算, 超过了预算, 无论业务类保证的性能多么优越, 用户也不会选择它, 它的性能价格比也为零; 当业务类的价格为零时, 用户只根据性能来对性能价格比进行评估; 随着价格增加, 用户对它的兴趣加速变小。因此性能价格比评估值可表示为

$$o_i^p = [1 - (p_i^u / b)^\gamma] o_i^p, \quad \gamma > 1 \quad (4)$$

其中, p_i^u , b , o_i^p , γ 分别表示 ISP 为第 i 个业务类定义的使用价格、用户的预算(单位和业务类的使用价格一样)、第 i 个业务类的性能优化度评估值和调整常数因子。

性能优化度评估值: 当 $w_i < w_{\min}$ 时, 不管用户的其它性能参数(时延、时延抖动和包丢失率)如何, 用户都不会选用它。因此, 性能优化度评估值为零; 当 $w_i = w_{\min}$ 时, 用户只参考其他的性能参数(时延、时延抖动和包丢失率)对性能优化度进行评估; 当 $w_{\min} \leq w_i \leq w_{\max}$, 按照其它文献研究的结果, 用户对带宽增加的兴趣减速增加, 具有 $\log(w_i)$ 的属性^[11]; 当 $w_i > w_{\max}$ 时, 用户对带宽增加的兴趣为零。

当 $d_i < d$ ($j_i < j$, $l_i < l$) 时, 不管业务类提供的带宽、保证的时延抖动和包丢失率(保证的时延和包丢失率、保证的时延和时延抖动)如何优越, 用户都不会选用它。因此, 性能优化度评估值为零; 当时延(时延抖动、包丢失率)为零时, 用户只参考时延抖动和包丢失率(时延和包丢失率、时延和时延抖动)来对性能优化度进行评估; 按照其它文献成果, 用户对时延(时延抖动、包丢失率)降低的兴趣一直呈线性增加^[12]。

综上所述, 性能优化度评估值可表示为

$$o_i^p = \kappa \frac{\log(w_i / w_{\min})}{\log(w_{\max} / w_{\min})} \left(1 - \frac{d_i}{d}\right) \left(1 - \frac{j_i}{j}\right) \left(1 - \frac{l_i}{l}\right) \quad (5)$$

其中 κ 为调整常数, 对于式(5), 当 $w_i > w_{\max}$ 时, 按照 $w_i = w_{\max}$ 计算。

最大优化度选择业务类: 算出 EPON 的所有业务类相对于用户 QoS 需求的优化度评估值, 如果最大的评估值大于零, 选择它对应的业务类作为用户业务的业务类。

运营策略: 对于 ISP, 在不同的时期, 性能、价格和负载的重要性不一样, 如在一个新业务的推出初期, 保证 QoS 是最重要的事情; 在业务量发展过程中, 赢利(价格)成为相对重要的事情; 当业务量过大时, 负载成为比较重要的因素。

当用式(3)~(5)来对 EPON 的业务类进行评估时, 可以通过调节 $\{\varepsilon, \gamma, \kappa\}$ 来调整性能、价格和负载的相对权重, 因此把它称为运营策略。

2.1.2 业务配置和支持 由于 EPON 中的 OLT 和 ONU (Optical Network Unit) 具有相同的业务指配策略和一套统一的 PHB; EPON 的 OLT 和所有的 ONU 构成 DS 域的边界; OLT 中的“服务端功能模块”和 ONU 中的“传输功能复用模块”都可以对数据包进行分类、整形、DSCP (DiffServ Code Point) 标记等处理, 并保证数据包按照 DSCP 映射的 EPON

支持的 PHB 组中的 PHB 来进行转发。因此, EPON 可作为一个 DS 域(按照 RFC 2474 中的定义^[13])。SMS 的业务配置和支持机制首先将在 2.1.1 中为用户定义的业务类映射为 EPON 支持的 PHB 组中的一个, 由于本文的机制要为用户业务提供定量的 QoS 保证。因此从业务类(DSCP)到 PHB 的映射为 1-1 的映射, 其次将 SLA 的可用性等级、可服务性等级、性能等级、操作等级等映射为 EPON 业务管理中的用户标识、业务计划、溢出处理、可用性、性能参数等。当这些工作完成后, 业务配置和支持机制把这些数据封装成 SLS 并传递到 EPON 的 EMS。EMS 根据 SLS 来实现对用户业务的配置和支持。

2.2 媒体接入控制技术

EPON 可以提供 2.5Gbit(未来可以达到 10Gbit)的带宽, 而且可以把光纤延伸到 20km 范围内, 因此, 能够提供足够的带宽; EPON 的 PON 结构简单, 支持各种各样的级连, 因此, 具有很好的扩展性; EPON 的设备属于便宜的以太设备, 使用的光纤数量很少, 因此, 构造和运营费用较低; EPON 支持 Ethernet802.3 协议, 因此, 可以实现和用户驻地网、核心网的无缝连接。因此, EPON 是解决宽带接入问题比较理想的方案。

EPON 中实现了 802.1p, 后者包含 8 个业务类, 对应 8 个 PHB, EPON 实现了 8 个队列。EMS 可以通过调节每一个 PHB 的队列的长度, 也就是实现队列的缓存的大小, 以及调节 IEEE802.1p 的过滤器策略和控制调度策略的排队时延参数和接入时延参数来改变每一个 PHB 提供的带宽和保证的性能。EPON 通过 MAC 技术来支持不同 PHB 所保证的定量 QoS。EPON 的上行传输和下行传输采用不同的 MAC 技术。在下行方向, 由于所有的下行包都从一个 OLT 的收发器集中发送, EPON 又是一个树-枝型结构, 因此, 不存在碰撞问题, 也就是可以保证较小的时延抖动和包丢失率。EPON 的下行传输采用广播方式, 每一个 ONU 监视从 OLT 发送来的所有信息, 并只接收属于自己的信息。在上行方向, EPON 通过窗口机制来预留带宽、减少包丢失率、避免高的时延和避免高的时延抖动。每一个 PHB 被分配一个窗体, 只有在自己的窗体打开时候, 才能发送窗体大小规模的数据。EPON 同时采用动/静态窗口机制, 静态机制中窗体的大小和相位不随时间变化, 动态机制中窗口的大小和相位都可以根据用户的申请而发生改变。对于没有 QoS 要求的 PHB, 也就是尽力而为业务类, 可以使用动态窗口机制, 其它的 7 个 PHB 则使用静态窗口机制。在上行方向, EPON 的无源光分支器需

要将不同 ONU 的数据复用到同一根通往 OLT 的光纤上, 为了避免碰撞, EPON 采用了 TDM 技术。EPON 的一个显著的优点就是它实现了可变大小光包, 它和动态窗口机制结合大大提高了系统的效率。

2.3 定量边到边 QoS 保证的实现过程

本机制通过宏观计划和微观调节两种措施来确保 EPON 的不同 PHB 的负载保持在最大负荷以内, 从而提供定量的 QoS 保证。

宏观计划 当用户申请业务的时候, 也就是在 SLA 协商期间, 通过优化度评估机制为用户业务定义一个业务类, 它是户业务的基础业务类, 在用户业务的整个生命周期内都起作用。在对不同的 PHB 的优化度进行评估的时候, 每一个业务类的负载等于该业务类接受的所有用户的 SLA 的总带宽之和除以该业务类具有的总带宽。在用户业务进入 EPON 的时候, 通过 OLT 或 ONU 中对用户数据包进行标记。

通过宏观计划, 不但可以从宏观上引导业务量在不同的业务类之间有序分布, 而且可以从宏观上实现整个 DS 域的性能均衡和价格均衡。

微观调节 由于 IP 业务具有动态性和突发性, 当在某一个时刻某一个 PHB 达到最大负载时, 该 PHB 的时延、时延抖动和包丢失率达到边界值, 此时, 系统对后续到达该业务类的业务应用重新实施一次优化度评估, 由式(3)可以看到, 基础业务类相对于用户业务应用的 QoS 需求的优化度评估值为零, 它不再可能被选中, 系统将为后续到达的该业务类的业务应用重新定义一个新的在当时是最优化的业务类, 并通过 OLT 或 ONU 对用户业务应用重新标记, 它不但可以满足用户业务的 QoS 需要, 而且具有较小的负载。当基础业务类的负载下降时, 所有被重新标记的基础业务类业务应用又再次被标记回基础业务类。

由于有了宏观计划, 一个业务类达到最大负载的概率会很低, 因此, 微观调节的次数会很少, 不会给 OLT 和 ONU 带来太大的负担。

3 实验结果及讨论

通过实验, 对本机制和 HARMONICS 的接入网边到边控制机制以及 TEQUILA 的基于 SLA 网络管理机制进行了比较。只考虑一对输入输出端点之间业务的传输。

仿真业务 SLA 的 QoS 需求 在 1~20Mbit 之间随机产生一个整数作为用户业务 SLA 的 QoS 需求的最小带宽, 最小带宽加 2 为理想带宽; 在 1~10ms 之间随机产生一个整数

作为用户业务 SLA 的 QoS 需求的最大时延; 在 1~5ms 之间随机产生一个整数作为用户业务 SLA 的 QoS 需求的最大时延抖动; 在 1~10 万分之一之间随机产生一个整数作为用户业务 SLA 的 QoS 需求的最大包丢失率。

用户业务的预算用 $b = 0.427 - 0.00854 \times d - 0.01708 \times j - 42.7 \times l$ 来计算, 公式中的参数参考式(1), 它表示在理想的状况下, 也就是没有时延、时延抖动和包丢失率的情况下, 用户愿意为单位时间(秒)占用单位带宽(Mbyte)付 0.427 元, 它相当于具有 QoS 保证的电话的价格(64kbit/s 的带宽, 每分钟 0.2 元); 在时延抖动和包丢失率为零的情况下, 当时延(单位: 毫秒)增加到实时时延(25ms)的一倍(50ms)时, 用户就不愿意为它付费, 此时 $b = 0.427 - 0.00854 \times d$; 在时延和包丢失率为零的情况下; 当时延抖动(单位: 毫秒)增加到实时时延(25ms)时, 用户不愿意为它付费, 此时 $b = 0.427 - 0.01708 \times j$; 在时延和时延抖动为零情况下, 当包丢失率达到 10^{-2} 时, 用户不愿意为它付费, 此时 $b = 0.427 - 42.7 \times l$ 。按照这个公式仿真业务的预算(单位: 元)的范围为 0.2125~0.427(实时业务)。

仿真参数 $\lambda = 0.13$, $\rho_0^{\max} = 0.4$, $\rho_i^{\max} = \rho_0^{\max} \exp(\lambda i)$, 在这样的仿真参数下, 8 个业务类的最大负载分别为 {0.4, 0.46, 0.52, 0.59, 0.67, 0.77, 0.87, 0.99}。

EPON 总共可以提供 2.5Gbyte 的带宽, 平均分配给 8 个业务类, 每一个拥有的最大带宽为 320Mbyte: $\forall i: \text{Max_}w_i = 320 \text{ Mbyte} (2.5\text{Gbyte}/8)$ 。

$w_i = 8 / \rho_i^{\max}$ Mbyte/s, 8 个业务类规定的用户业务可使用带宽的最大值分别为 {20(实时视频业务), 17.6, 15.4, 13.5, 11.8, 10.4, 9.2, 8.1(ADSL 宽带接入)}, 它是仿真业务带宽要求范围 (1~20) 的子集, 所有仿真业务的带宽要求都有可能被满足。

$d_i = \log[1/(1 - \rho_i^{\max})]^{1/512}$ (ms), 8 个业务类的时延边界值分别为 {1.0, 1.18, 1.43, 1.75, 2.18, 2.84, 4.02, 9.9}, 它与仿真业务要求的时延范围 (1~10) 一致, 可以保证所有仿真业务的时延要求都可能被满足。 $j_i = 1/2 \times \log[1/(1 - \rho_i^{\max})]^{1/512}$ (ms), 它保证 8 个业务类的时延抖动边界值的范围与仿真业务时延抖动边界值范围 (1~5) 一致。

$l_i = (\rho_i^{\max})^{10} \times 10^{-3}$, 8 个业务类的包丢失率边界值 ($\times 10^{-4}$) 分别为 {0.001, 0.004, 0.014, 0.051, 0.19, 0.697, 2.560, 9.390}, 它保证业务类的包丢失率的范围与仿真业务的包丢失率要求的范围 [1~10] 大部分重叠, 且所有用户仿真业务的包丢失率要求都可能被满足。

$p_i^u = 0.1 / \rho_i^{\max}$ 元/(Mbyte·s), 8 个业务类的使用价格分别为 {0.427, 0.375, 0.329, 0.289, 0.254, 0.223, 0.196, 0.172}, 它是用户仿真业务预算范围 (0.2125~0.427) 的子集, 它保证所有的业务类的预算都可能被满足。

$\forall i: a_i(0) = 0$, $a_i(n) = w_{\text{want}} / \text{Max_}w_i + a_i(n-1)$, 用来计算业务类的使用率。其中 n 表示接纳仿真业务的个数。

运营策略 $\varepsilon = 2$, $\gamma = 2$, $\kappa = 1$ 。

对于 HARMONICS, 只以带宽作为优化的条件, 即选用带宽优化度评估值作为总的优化度评估值:

$$o = \frac{\log(w_i / w_{\min})}{\log(w_{\text{want}} / w_{\min})} \quad (6)$$

选用性能优于用户 SLA 的 QoS 需求的优化度评估值最小的 PHB 作为选择。

对于 TEQUILA, 只以负载作为优化条件, 即选用负载优化度评估值作为总的优化度评估值:

$$o_i = (1 - (a_i / \rho_i^{\max})^\varepsilon) \quad (7)$$

选用性能优于用户 SLA 的 QoS 需求的优化度评估值最小的 PHB 作为选择。

图 2 表示了对相同的业务进行了处理后, 接受的业务总数与选用业务类的总的性能价格比评估值(按照式(4)计算)之间的关系。

图 2 表明: 接收相同的业务数, 本机制的性能价格比要优于 HARMONICS 和 TEQUILA, 说明本机制可以提高用户业务的性能价格比。TEQUILA 的性能价格比最小, 这主要是因为 TEQUILA 的优化度评估只考虑了负载, 没有考虑性能因素; HARMONIC 的优化度考虑了带宽因素, 但没有考虑时延、时延抖动和包丢失率因素; 本文机制不但考虑了负载因素, 而且考虑了带宽、时延、时延抖动和包丢失率。

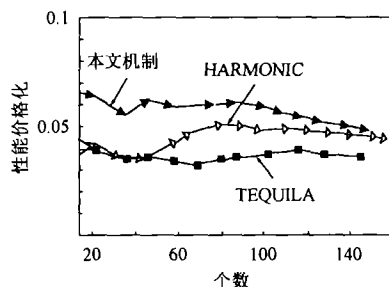


图2 本文机制与 HARMONICS 和 TEQUILA 的性能价格比较

4 结束语

本文提出了一个基于 SLS 的接入网边到边定量 QoS 管理机制, 它用 EPON 作为接入网, 很好地解决了带宽不足问

题,并且克服了 HARMONIC 和 APON 的扩展困难和难于普及问题,它使用优化度评估机制很好地实现了对业务量的管理。由于优化度评估公式基于用户在市场上的行为,包含了负载、价格和性能元素。因此,不但可以引导业务量在不同的 PHB 之间有序分布,保证每一个业务类不超过最大负荷,从而在 DiffServ 机制下为用户业务提供定量的 QoS 保证,而且可提高用户业务的性能价格比。实验结果很好地验证了本系统的优点。

参 考 文 献

- [1] 蒋林涛. 下一代网(NGN)的研究[R]. 2004 全球 NGN 高峰论坛, 北京: 26 – 28 July 2004: 101 – 109.
- [2] Blake S, Black D, Carlson M, *et al.*. An architecture for differentiated services [S]. RFC 2475, July 1999.
- [3] Steenbergen K, Janssen F, Wellen J, Smets R, Koonen T. Fast wavelength-and-time slot routing in hybrid fiber-access networks for IP-based services[C]. In IEEE LEOS Symposium, Delft, The Netherlands, October 2000: 9 – 16.
- [4] Vermeulen B, Vanhastel S, Scholaert F, *et al.*. A generic end-to-end distributed QoS management architecture and its application to IP-DiffServ over a WDM access feeder network[C]. In Network Operations and Management Symposium, in Florence, Italy, 2002. NOMS 2002, 2002 IEEE/IFIP, 15-19 April, 2002: 155 – 168.
- [5] Peter Vetter, Danny Goderis, Verpooten L, Granger A. Systems aspects of APON/VDSL deployment[J]. *IEEE Communications Magazine*, 2000, (38)5: 66 – 72.
- [6] TEQUILA group. The TEQUILA IST Project[J/OL]. <http://www.ist-tequila.org>. Dec 2003.
- [7] Goderis D, Van den Bosch S, T' Joens Y, *et al.*. A service-centric IP quality of service architecture for next generation networks[C]. In IEEE Network Operations and Management Symposium, 2002, in Florence, Italy, NOMS 2002, 2002 IEEE/IFIP, 15 – 19 April, 2002: 139 – 154.
- [8] Trimintzios P, Andrikopoulos I, Flegkas P, *et al.*. A management and control architecture for providing IP differentiated services in MPLS-based networks[J]. *IEEE Communications Magazine*, 2001, 39(5): 80 – 88.
- [9] Khernmish L. Managed objects for the ethernet passive optical networks[S]. Internet Draft, 9 Nov. 2003.
- [10] Blake S, Black D, Carlson M, *et al.*. An architecture for differentiated services. RFC 2475, December 1998.
- [11] Wang Xin, Schulzrinne H. Pricing network resources for adaptive applications in a differentiated services network. INFOCOM 2001, Twentieth Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies, in Anchorage, Alaska, Proceedings IEEE, 2001, 2: 943 – 952.
- [12] Janssen J, Vleeschauwer D D, Petit G H. Delay and distortion bounds for packetized voice calls of traditional PSTN quality[C]. In Proceedings of 1st IP Telephony Workshop (IP Tel2000), Berlin, Germany, Apr. 2000: 105 – 110.
- [13] Nichols K, Blake S, Baker F, Black D. Definition of the Differentiated Services field (DS field) in the IPv4 and IPv6 headers. RFC 2474, December 1998.

张晋豫: 男, 1967年生, 博士, 研究方向为网络管理和通讯软件.

李红辉: 女, 1964年生, 高工, 研究方向为网络管理和通讯软件.

刘 峰: 男, 1961年生, 教授, 研究方向为网络管理和通讯软件.