

# IP/WDM网络的集成服务质量(QoS)控制方法\*

魏 威 曾庆济 于洪涛 卫红权

(上海交通大学宽带光网研究中心,上海 200030)

**摘 要** 对IP/WDM网络的集成服务质量(QoS)控制技术问题做了研究,给出了基于通用多协议标记交换(GMPLS)技术的业务差分处理模型,设计了新的业务分类、光路分类以及层间映射/疏导/重构策略,给出了具体的映射技术方案. 本方法具有三大特点:1)光电集成的差分服务模型;2)多粒度多优先级业务的自适应资源管理机制;3)支持电信级应用. 该模型较好地折中了多种类型业务的QoS控制复杂性和有效性,具有较强的实用性和可扩展性,能够解决光因特网络中支持多媒体业务传送的QoS问题.

**关键词** IP/WDM网络;服务质量(QoS);通用多协议标记交换(GMPLS);光电集成

**中图分类号** TN248.1 **文献标识码** A

## 0 引言

IP/WDM网络(光因特网络)将成为下一代骨干网络的基础传送平台,其上将提供包括数据、语音以及视频等电信级多种媒体应用。为了避免网络资源争用和进行有效的业务响应(满足给定的业务服务质量),在单一网络平台上提供多种类型业务需要差分的、公平的资源分配、管理和调度方案,也就是网络服务质量保证(QoS)技术<sup>[1,2]</sup>。由于光因特网传输带宽巨大,缓冲、保护资源丰富,相比较传统IP网络可降低QoS控制技术的复杂性,但简洁高效的QoS控制技术仍是必须的<sup>[1]</sup>。未来光因特网要能够高性能/低成本地支持硬QoS(类似专线和话音业务的QoS需求),软QoS(统计意义上相对的QoS需求,如流媒体业务等),以及传统意义上的尽力而为(BE)业务等传送需求。

目前的光因特网络采用层叠/分离的QoS控制技术分别优化IP层和光层网络资源的使用,层间/网间QoS协调机制是静态的或半静态的,例如:业务QoS参数的映射控制与管理是通过手工配置或光用户网络接口(O. UNI),主要依靠网管系统来进行,其缺陷体现在:1)层叠/分离的QoS控制机制无法适应网络资源状态动态变化的特性;2)层叠/分离的QoS控制机制无法对网络资源进行优化合理的利用和分配,往往导致资源利用率很低;3)单一层面的QoS控制机制(IP层或是光层的)都无法单独满足宽带多媒体业务传输性能的多方面要求。

文献[2]综述了包括波长路由(WR)、光突发交换(OBS)网络以及光分组交换(OPS)网络的光层QoS控制机制。文献[3]研究了光物理层非线性效

应对波长路由波长分配的影响。文献[4]提出了差分业务质量模型的概念(DoS)。针对承载多种类型业务的光网络,文献[5]研究了基于优先级的路由波长分配(RWA)和资源分配算法。文献[6]研究了多业务光网络的集成QoS控制技术。

## 1 业务差分处理模型

由于光层QoS控制相对简单,适用于大粒度带宽的实时专线业务等,而IP层QoS控制较复杂,适用于非实时数据业务、小粒度专线以及对QoS要求较低的实时业务等需求。因此有必要集成光层与电层的QoS控制技术,同时随着GMPLS统一控制平面技术的引入,集成QoS控制技术也成为一种可能<sup>[2]</sup>。智能QoS集成控制非常适合分布式实现,光因特网络中的每个光路由器都可以根据本地维护的全局网络拓扑和资源数据库(TEDB)实施光层和电层QoS控制,同时协调与控制层间QoS的映射和虚拓扑重构,从而进行资源的合理分配。另外通过高效率的业务疏导/业务聚合,IP层与WDM之间的业务粒度不匹配问题也得到了很好解决。基于光层、电层QoS控制技术的优缺点分析,我们提出了一种基于GMPLS的智能QoS集成控制的业务差分处理模型,如图1所示。其基本思想为:1)借鉴Diffserv模型中差分概念,不同的业务采用不同的QoS技术,并且还能根据网络状态自动调整控制策略,从而使得本模型具有较强的可扩展性;2)采用多层集成策略,将与QoS控制相关的IP层技术、光层技术以及相关交互/疏导机制进行有机集成,从而使得本模型能够高效的为传送多种媒体流提供相对应的服务质量;3)综合运用数据、控制、和管理这三个平面上的QoS技术,同时引入层间的业务疏导和自适应的层间映射与重构技术,以达到满足多种类型、多种粒度以及多种QoS需求的业务传送。图1假定了所有业务均来自于IP层

\*国家自然科学基金项目(编号:69990540)  
Tel:021-62933306 Email:wwei@sjtu.edu.cn  
收稿日期:2003-12-19

的上层. 它与传统 IP 路由器和光交换机不同的是, 它集成了电层 QoS 处理与光层 QoS 处理功能, 可以实现层间业务 QoS 自动适配、管理和资源控制, 例如对不同粒度、不同优先级的业务自动适配, 以及根据网

络资源、链路负载等, 自动进行业务准入控制(AC)和资源调度等. 图 1 同时实现了一种跨层的资源控制方法来完成 QoS 控制和差分业务供给, 使网络的资源得到最佳利用. 本模型具有三个特点:

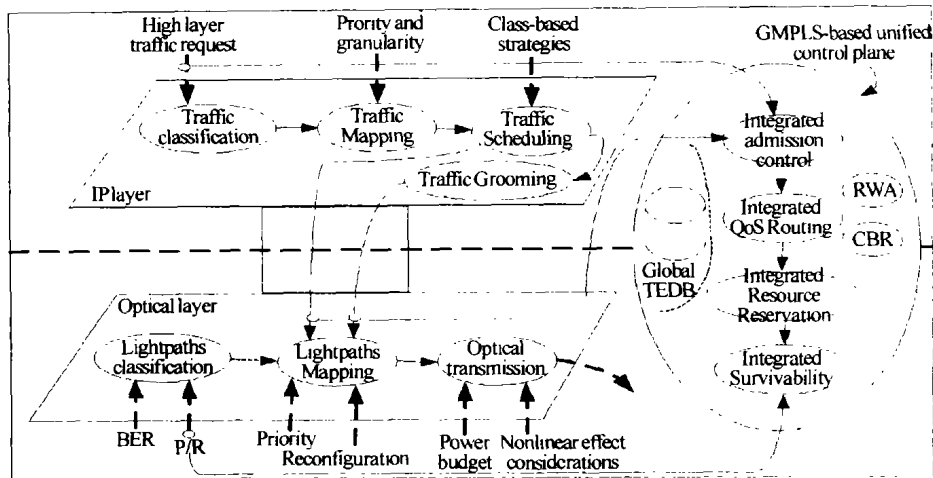


图 1 集成 QoS 控制的差分业务处理模型  
Fig. 1 Differentiated model of integrated QoS control

集成准入控制(IAC)不但应用在分组级别(也包括流级别)而且应用在光路级别, 在准入业务过程中, 必须要考虑到光路传输质量(BER), WDM 链路利用率等特性. 另外因为所有分组业务都是在光路上传送, 还必须考虑包处理能力限制, 丢包率, 延迟、抖动等电层 QoS 指标.

自适应的业务/光路分类与映射策略主要是将应用层业务以及光路进行优先级分类, 并能根据网络资源利用状况动态地将光层与电层的 QoS 控制机制相结合以进行业务映射和资源分配, 它基于管理平面的 QoS 策略管理器.

调度与疏导主要完成各种优先级/各种粒度的业务调度与疏导功能. 与一般的分组调度算法不同的是, 它可以直接将业务调度到光层传送, 或者疏导到电层进行转发, 它主要根据业务特性和策略管理器完成不同粒度带宽的适配和网络资源的有效利用, 它基于前面的分类与映射策略.

## 2 业务分类策略

差分业务分类策略可以为后续的业务映射和业务处理操作提供较好的灵活性, 针对不同优先级类型业务, 采取相对应的 QoS 资源分配策略, 如优先带宽分配、优先选路、优先排队、优先保护/恢复等, 从而为客户提供相应的服务质量等级. 宽带业务将成为下一代光因特网的主要业务类型<sup>[3]</sup>. 宽带业务可以粗分为实时(RT)的和非实时(NRT)等两种, RT 宽带业务又可以细分为硬 RT 业务和软 RT 业务, 硬 RT 业务包括电路仿真业务(CES)和话音中继业务等, 软 RT 业务以大规模并发实时流媒体和互动(交互)式多媒体业务为主. NRT 宽带业务以文件传输、内容存储/分发等数据业务为主. 考虑到扩展性和实用性的原则, 服务等级的数量应相对较小, 为此我们设计了如下的业务分类和光路分类策略, 见表 1 和表 2, 光路服务等级的分类主要是基于光路的传输性能.

表 1 IP 层服务等级分类

服务等级	业务类型	带宽需求	延迟/抖动/丢包	排队机制
A	需要硬 QoS 保证的服务等级业务 (例如: 电路仿真、隧道等)	峰值带宽确保	最小化延迟、抖动和无丢包	最好无排队(单跳)
B	需要软 QoS 保证的服务等级 (例如: 流媒体、网络计算等)	有效带宽 保证 超出部分 不保证	延迟、抖动和丢包 有上界	尽量少排队 (业务疏导)
C	需要传统尽力而为(BE)服务等级业务	仅保证最小带宽或仅仅 保证其连接性	N/A(与网络负载 有关)	尽量多排队(充分利用 虚链路资源)

表 2 光层服务等级分类

服务等级	业务类型	BER 性能	生存性需求	安全性	可抢占性
A	高质量(HQ)光路服务等级 (例如: 光虚拟专用网)	$> 10^{-9}$ (满负载)	50 ms 1 + 1/1:1 光路保护	确保	不可抢占
B	低质量(LQ)光路服务等级 (例如: 传统数据等)	$> 10^{-5}$ (满负载)	光路恢复或无保护	不确保	可抢占

### 3 业务映射策略

在保证业务服务质量的同时,应尽可能地提高网络资源利用率,因此对各种粒度(窄带、宽带)和各种类型业务(包括话音、视频、数据和多媒体应用)必须有一个动态的业务映射处理机制. 根据前面业务服务等级的分类策略,我们提出了一种新型的集成业务动态映射策略,它分别包括业务垂直映射模型和业务水平映射模型等两种,如图 2 和图 3 所示. 图 2 所示的业务垂直映射模型是一种自适应的动态映射模型,这里给出了典型的八种应用层业务类型,对于每种类型业务采取不同的 QoS 策略,每种业务可根据业务带宽粒度以及速率类型进行动态的业务映射.

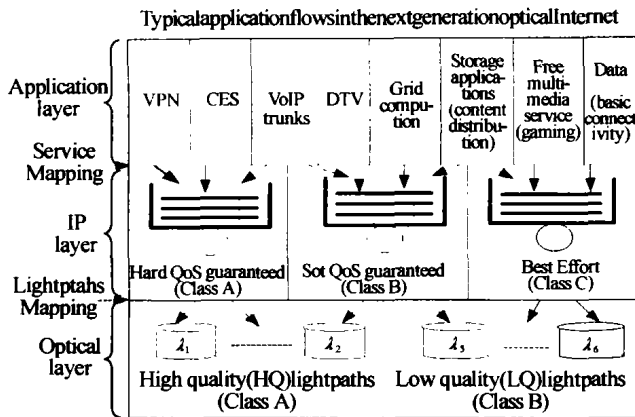


图 2 业务垂直映射模型

Fig. 2 Traffic vertical mapping model

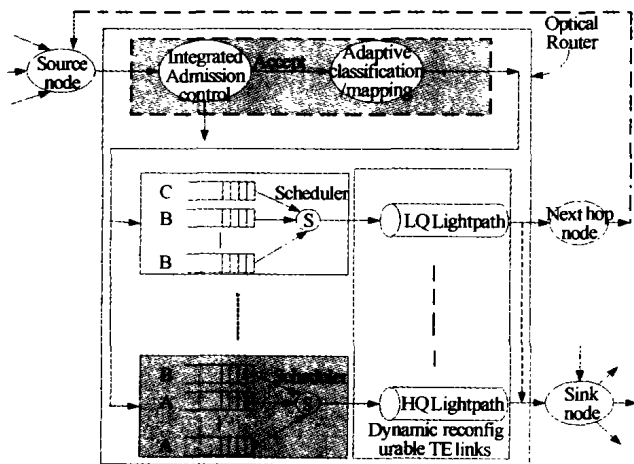


图 3 业务水平映射模型

Fig. 3 Traffic horizontal mapping strategies model

图 3 给出了智能 QoS 集成控制的业务水平映射模型,它将电交换技术优势与光交换技术优势相衔接,典型的有三种业务水平映射策略包括:1)单跳(光路)映射;2)虚电路(多跳)映射;3)数据报无连接映射方式等. 图 3 所示的业务水平映射模型采用了混合映射策略,即根据业务服务等级和带宽粒度,低速率低优先级业务请求采用分组交换技术的虚电路方式,甚至尽力而为的传送方式,例如:收费低廉

的数据业务和流媒体业务等. 高速率高优先级连接请求采用光路交换的方式,例如,对于 150M 或以上的流媒体和电路仿真业务等采用单跳映射. 其好处是:1)以带宽换取 QoS 控制的简化;2)提高资源利用率;3)提高服务质量;4)克服了 Interserv 和 Diffserv 的缺陷,集成了它们的优点. 对于每一个业务流连接请求,集成准入控制(IAC)会根据表 1 所示的业务分类策略,同时根据网络资源状况和相关策略信息,决定是否接受该请求. 一旦决定接受该请求,IAC 会根据图 3 将业务连接动态映射到不同类型的排队系统,不同的排队系统对应着不同类型(单跳、多跳以及 HQ 和 LQ)的光路连接(见表 2). 由于最终体现业务 QoS 性能的因素不仅与分组的控制机制(例如调度算法)有关,而且与其光路性能有关,因此我们的映射策略能够较好地满足实际应用场合.

### 4 分析与讨论

传统分离 QoS 控制机制的特点是电层和光层分别在本层追求 QoS 性能的优化,针对不同 QoS 目标,分别选择适合本层的 QoS 控制机制,但层间 QoS 控制缺乏协调,所以优化结果只能达到局部最优,并非全局最优. 本文提出的集成 QoS 控制方法主要是采用全局的观点,首先它涉及到光层与电层的整体 QoS 控制行为,通过层间互相协调(动态疏导/重构)来追求整个 QoS 性能的优化,同时实现网络资源的最佳配置和利用;另外本方法的动态自适应能力能根据网络资源利用状况和业务负载自动调整控制策略,扩展性较好. 与各层分离的 QoS 控制机制相比,本文的方法可以得到较高的网络资源利用率与优化的 QoS 控制结果,与此同时也降低了网络 QoS 控制的复杂性,具有非常好的实用性. 本文所提出的方法折中了光因特网 QoS 控制的复杂性、资源效率以及多种类型 QoS 粒度需求(相差较大)等几个方面,具有以下特色:

光电集成的差分服务模型:基于 GMPLS 的光层 QoS 技术与电层 QoS 技术的有机融合. 电层 QoS 技术采用虚电路差分技术保证 QoS,主要用于小粒度、速率可变、中低优先级业务的服务质量控制. 基于波长交换技术的光层 QoS 控制简单,易于实现,且由于其不需要缓冲区,因此一般用于大粒度、固定速率(CBR)、高优先级业务的服务质量控制. 两种 QoS 控制技术各有优缺点,采用单一 QoS 控制技术,或者太复杂,或者资源效率太低,因此对需要传送多种业务(业务粒度和 QoS 需求均相差较大)的光因特网而言,必须采用集成的 QoS 控制机制.

多优先级多粒度业务的自适应资源管理机制:在该模型控制下,光因特网络可以自动提供三种形式的保证 QoS 的传送服务:1) 波长、子波长的电路业务(例如,大粒度实时流媒体业务等);2) 各种粒度的虚电路业务(实时业务,高可靠性的数据业务等);3) 以及无连接的数据报业务(传统 BE 业务等). 该模型能够根据需求自动为每种类型业务提供合适的 QoS 映射和传送服务.

能够满足光因特网的电信级应用:体现在三点:1) 支持电信级保护技术(通过光层专用保护技术);2) 能够支持高速电路仿真业务,以及各种粒度各种类型业务的传送,在业务调度,准入控制以及安全管理等方面能够满足将来各种类型大规模业务的传送;3) 扩展性好,在网络负载变化剧烈的情况下,各种业务 QoS 性能基本不受影响,另外该模型的业务分类与业务映射机制比较简单,能够适用各种 QoS 新技术和新体制的出现.

## 5 结论

基于对 IP/WDM 网络中光层、电层 QoS 控制技术的优缺点分析,本文提出了一种基于 GMPLS 技术的适用下一代光因特网络应用的多层智能 QoS 集成控制方法,它具有高性能、支持多业务以及实现简

单等优点.

## 参考文献

- 1 Sincoskie W D. Broadband packet switching: a personal perspective. *IEEE Communications Magazine*, 2002, **40**(7): 54 ~ 66
- 2 Kaheel A, Khattab T, Mohamed A, et al. Quality-of-service mechanisms in IP-over-WDM networks. *IEEE Communication Magazine*, 2002, **40**(12): 38 ~ 43
- 3 Zhu X, Zeng Q J, Yang X D, et al. Routing and wavelength assignment with nonlinearities considerations in intelligent optical networks. *Acta Photonica Sinica*, 2003, **32**(5): 534 ~ 538
- 4 Golmie N, Ndousse T D, Su D H. A differentiated optical services model for WDM networks. *IEEE Communications Magazine*, 2000, **38**(2): 68 ~ 73
- 5 Jukan A, Harmen R A. Service-specific resource allocation in WDM networks with quality constraints. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 2000, **18**(10): 2051 ~ 2061
- 6 Gravey P, Gosselin S, Guillemont C, et al. Multiservice optical network: main concepts and first achievements of the ROM program. *IEEE/OSA Journal of Lightwave Technology*, 2001, **19**(1): 23 ~ 31

## A New Scheme for Integrated QoS Control in IP/WDM Networks

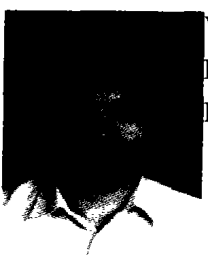
Wei Wei, Zeng Qingji, Yu Hongtao, Wei Hongquan

R&D Center for Broadband Optical Networking Technology, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200030

Received date: 2003-12-19

**Abstract** A new scheme with the integration of optical and electrical QoS control for the next-generation IP/WDM networks is developed. Integrating differentiated model based on generalized multi-protocol label switching (GMPLS) technologies is proposed, and new service classification strategies and service mapping strategies are also provided. The proposed QoS control methods in this paper have the unique features of optical-electrical integrating differentiated service model, intelligent control for multi-granularities multi-priorities applications, and the compliance to meet carrier-class service level agreement, which capture the better tradeoff between the finer QoS granularity of IP layer and the coarse QoS granularity of optical layer to support multiple levels of service performance. Furthermore, the proposed scheme provides much lower complexity, better robustness and scalability, which seems to be preferred for QoS provisioning in the future multi-service IP/WDM networks.

**Keywords** IP/WDM networks; Quality of service (QoS); Generalized multi-protocol label switching (GMPLS); Optical-electrical integration



**Wei Wei** received the M. S. degree in communication and information system from Information Engineering University in 1998. He is now a Ph. D. candidate at Shanghai Jiaotong University. His research interests include optical internet, optical ethernet, and all-IP wireless networks.