

基于 MPLS 的下一代网络 QoS 模型

林娜^{1,2}, 齐红满¹

(1. 沈阳航空工业学院计算机学院, 沈阳 110034; 2. 东北大学信息科学与工程学院, 沈阳 110004)

摘要: 介绍集成服务、区分服务、流量工程和 MPLS 几种常用的服务质量(QoS)技术, 任何一种独立的技术都不能很好地解决 QoS 问题。该文提出一种将流量工程引入多协议标签交换(MPLS)网络并结合 DiffServ 和 IntServ 的 QoS 模型, 阐述其原理及部分实现技术, 利用 NS2 工具对提出的网络模型进行仿真。结果表明, 与单纯的 MPLS 网络相比, 该模型改善了网络延时, 丢包率降低 20%。

关键词: 下一代网络; 服务质量; 多协议标签交换

QoS Model of Next Generation Network Based on MPLS

LIN Na^{1,2}, QI Hong-man¹

(1. School of Computer, Shenyang Institute of Aeronautical Engineering, Shenyang 110034;

2. School of Information Science & Engineering, Northeastern University, Shenyang 110004)

【Abstract】 Several QoS technologies are presented, one single technology can not solve the QoS problem perfectly. A new QoS model is brought forward, which integrates MPLS traffic engineering, DiffServ and IntServ. Design philosophy and implementation technique of this model are brought forward. Simulations about this model in NS2 are done. Compared with MPLS network, network delay is shortened and packets loss rate is decreased by 20% in proposed model.

【Key words】 Next Generation Network(NGN); Quality of Service(QoS); Multiprotocol Label Switching(MPLS)

1 概述

网络体系结构的演变和宽带技术的发展推动并加快了传统网络向下一代网络(NGN)的演进。NGN 承载了原有 PSTN 网络的所有业务, 并以 IP 技术的新特性增加和增强了许多新老业务, 传统网络提供的尽力而为的服务已不能适应网络应用的需要。特别是具有实时要求的新型业务(如 VoIP、视频会议、多媒体远程教学、视频点播等)不断出现, 迫切要求 NGN 能够提供高效的端到端的服务质量支持。同时用户对网络服务质量的要求也越来越高。如何提供端到端的服务质量是 NGN 的核心问题之一。

目前已有的 QoS 解决方案包括集成服务模型、区分服务模型、流量工程和 MPLS 技术。

集成服务模型将资源预留协议(RSVP)作为主要信令协议, 通过在传送数据前进行资源预留的方式为应用提供绝对的端到端 QoS 保证。但它提供 QoS 是基于每个流的, 在骨干网上, 业务流的数目很大, 需要在路由器中维护大量的状态信息, 这使得 IntServ 难以在骨干网上实施。

在区分服务模型中, 应用被分成若干种业务类型, 路由器对不同的业务类型采用不同的处理方式, 由于不需要保存流状态信息, 网络的扩展性得到很大改善, 但是区分服务提供 QoS 是基于每跳路由器对不同应用流的不同处理行为。与传统网络一样, 区分服务网络只提供相对的服务质量, 无法提供端到端的 QoS 保证。

流量工程是一种间接实现 QoS 的技术, 有效地引导业务流通过网络来避免业务量分布不均而导致的网络拥塞; 通过对资源的合理配置和对路由过程的有效控制, 使得网络资源能够得到最优的利用。但流量工程仅可以改善服务质量, 不

能彻底解决服务质量的问题。

MPLS 是一种三层交换技术, 结合了二层的快速交换和三层的灵活路由。同时, MPLS 中的标签交换路径(LSP)以虚电路的方式为应用提供了面向连接的服务。传统的 MPLS 方案虽然提高了数据包的转发速度, 但没有提供与 QoS 相关的特性, 在数据包的转发过程中使用的还是尽力而为的服务方式。因此单纯依赖 MPLS 无法提供令人满意的 QoS 保证, 其不足主要体现在以下几个方面: (1)传统的 MPLS 没有区别处理不同应用类型数据包的机制, 所有的数据包都被同等对待; (2)传统的 MPLS 没有接纳控制机制, 无法有效地避免网络的过载; (3)MPLS 中的三层路由使用的是传统的 IP 路由算法, 不能正确反映网络的负载情况, 容易造成网络负载不均衡, 主要表现就是一些传输路径处于拥塞状态, 而另外一些路径则处于空闲状态, 不能合理地使用网络资源。

可见, 没有一种技术可以独立地解决好 QoS 问题。目前出现了一些将几种技术的优势进行结合的新方案, 如文献[1]中的 MPLS 与区分服务和流量工程结合的方案以及文献[2]中对其的改进方案; 文献[3]中提出的结合区分服务、集成服务和 MPLS 的方案。

这些方案虽然解决了 QoS 中的部分问题, 但是这些改进只是针对 QoS 过程中的某些环节而不是整个网络。本文提出的模型结合前面提出的 4 种技术, 着眼于全局网络, 提供完全的端到端的 QoS 保证。

基金项目: 国家“863”计划基金资助项目(863-701-2-4; 863-708-5-4)

作者简介: 林娜(1977-), 女, 副教授、博士后, 主研方向: 下一代网络, 软交换技术; 齐红满, 硕士研究生

收稿日期: 2007-06-22 **E-mail:** qihongman@163.com

2 基于 MPLS 的下一代网络 QoS 模型

2.1 模型框架

IntServ, DiffServ 和 MPLS TE 集成模型框架结构如图 1 所示。

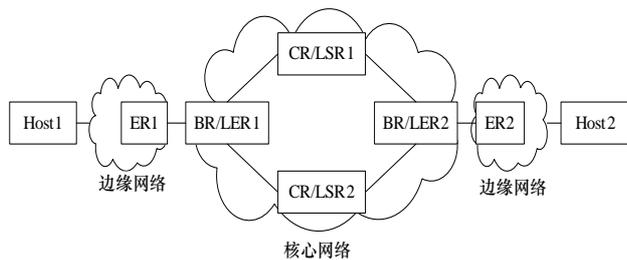


图 1 IntServ, DiffServ 和 MPLS 集成模型框架

在图 1 中, ER 表示边界路由器; BR/LER 既具有 DiffServ 边缘路由器的功能又具有 MPLS 标记边缘路由器的功能; CR/LSR 既具有 DiffServ 核心路由器的功能又具有 MPLS 标记交换路由器的功能; Host1, Host2 表示 2 个客户端。

整个网络是边缘网络和核心网络的结合体。核心网络是在 MPLS TE 之上的 DiffServ 域。边缘网络支持 IntServ 服务。

边界路由器 ER1, ER2 作为核心网络域的接纳控制代理, 它们处理来自 Host1, Host2 的信令消息, 根据核心网络域内部的资源信息和客户定义的策略来实现接纳控制。

核心网络中的所有路由器都能够根据数据包的业务类型进行区分处理并且都支持资源预留功能。但 BR/LER 和 CR/LSR 的功能也有所差别。它们的共同之处是基于约束的路由选择、LSP 的建立、接纳控制和调度机制。除上述功能外, BR/LER 还要执行数据流分类、流量调节和流量整形的功能。核心网络节点结构如图 2 所示。CR/LSR 只包括其中的动态 SLA、业务监测器和标签处理 QoS 映射模块。

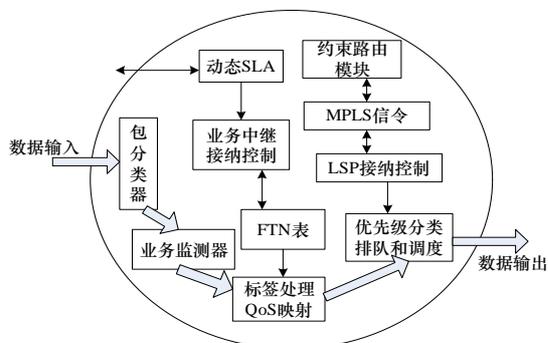


图 2 核心网络节点的结构

几种技术的结合体现在以下几个方面: DiffServ 按类别处理流量的传送, 它根据数据包的 DSCP 值对流量分类, 并进行基于汇聚类的区别处理, 从而实现为不同应用提供不同级别的服务质量的目的, 改善了传统网络对不同类型的应同等对待的缺陷; MPLS 是一种底层的传输和交换技术, 它将 DiffServ 对不同汇聚类的区别处理映射到具有不同服务属性的 LSP 上, 取消了中间传输节点对数据包的复杂处理, 同时利用流量工程的思想, 通过计算带宽最大路径的方法来传输数据, 使网络负载能够较均匀地分布在更多的链路上, 消除了部分链路负载过重而部分链路几乎空闲的现象, 充分利用了网络资源; 为了支持 IntServ 服务, 使用 RSVP 作为信令机制, 提供了数据源与传输网的交互, 反映用户对网络的 QoS 要求, 并进行资源预留。

2.2 模型实现

2.2.1 接纳控制

对于服务质量传输, 要求对一个新的业务流进行预留。如果网络内的路由器共同认定没有足够的资源来保证所请求的服务质量, 则这个流就不允许进入网络。资源预留过程不但可以为应用资源预留, 而且在预留资源之前判断是否能够满足应用的资源请求, 即相当于在资源预留之前进行了接纳控制。所以, 本方案采用资源预留进行接纳控制和资源管理。

2.2.2 服务类别和映射

为了支持不同的服务, 模型中定义了高、中、低 3 类服务: (1) 优先类, 对应于实时业务或控制业务流, 对延时有很高的要求, 尽量不丢包, 有峰值速率(PDR)限制; (2) 中间类, 对应于有吞吐量要求的业务, 有一定的速率保证(CDR); (3) 尽力传送类, 没有申请任何保证的业务。

BR/LER 根据与用户建立的 SLA 把各种服务类别映射到 MPLS 的标签中。边缘网络的数据包到达 BR/LER 带有确定的服务类别标记时, BR/LER 根据这些标记进行服务映射; 当数据包不带有服务类型标记时, BR/LER 中的 MF 分类器为数据包选择服务类别再进行映射。

文献[1]中描述了 2 种在 MPLS 的标签中携带服务信息的方案, 即 E-LSP 方案和 L-LSP 方案。当网络中的 PHB 数量少于 8 个时, MPLS 标记中 3 位的 EXP 字段可以完全标识数据包的每跳行为 PHB, 不必使用 Label 值字段携带 DiffServ 信息。该解决方案适用于少于 8 个 PHB 的网络。在 L-LSP 方案中, 将在 LSP 中安装的转发状态(标签)的调度行为进行编码, 并使用 EXP 位来传递流量的丢弃优先级。与转发入口相关的调度行为在 LSP 建立时由信令进行传递。这种方法支持任意数量的 PHB。由于 E-LSP 方案实现简单, 并且本方案只定义了 3 种业务类型, 因此采用 E-LSP 方式。

2.2.3 队列调度和流量控制

模型中采用了 3 个队列, 每个队列分配有一个优先级调度器。优先类业务队列和尽力而为类业务队列是 Droptail 队列, 采用先到先服务丢弃队尾的管理方法。中间类业务队列采用 RIO 队列管理方法。RIO 是随机早期检测算法(RED)的改进。在拥塞的路由器上, OUT 包被丢弃的概率要大于 IN 包, 从而在一定程度上保护 IN 包的通过率和公平性。

BR/LER 通过令牌桶的应用进行流量控制。它采用逐级的窗口流控办法, 分别对各个不同的连接进行独立的流控。一个连接在获得下一个节点的令牌后, 才能将数据包传递到下一个节点。由于连接间快速的反馈机制, 瞬时节点缓存拥塞可以得到有效缓解。同时因为在得到令牌前没有连接发送数据包, 节点间将不存在数据包丢失。

2.2.4 QoS 路由

QoS 路由主要包括管理路由信息和路由算法。在信息传输之前, 在源节点和目的节点之间建立某种连接, 为这个连接预留有效的带宽等资源。

源节点和目的节点之间 LSP 建立和资源预留过程如下:

信令模块首先和各对等体建立 LDP 会话, LDP 先向本地 LSP 接纳控制申请所建 LSP 的预期资源, 根据路由模块给出的最优化路由向下一跳 CR/LSR 发送标签请求, 参数包括 FEC、显式路由、所需带宽、路由的建立和保持的优先级、路由的锁定、资源类型等。进行逐跳资源预留和标签申请, 出端 BR/LER 返回一标签映射消息, 逐跳标签映射后, 本 BR/LER 得到相应输出的标签设置, 然后设置 FTN 表, 从而

建立起相应的 LSP。

为了实现流的聚合,对于每个新的应用流,不一定都为其建立一条新的 LSP。如果 BR/LER 已经为其他与该流具有相同 FEC 和业务类型的流建立了 LSP,则新的流会被聚合到已经建立的 LSP 上,此时只需要修改为该 LSP 预留的资源数量即可,修改预留资源的过程与新建 LSP 的过程类似,只是不需要再分配新的标签而已。

2.3 模拟仿真

实验采用的仿真工具是 NS2,实验使用的拓扑结构如图 3 所示。

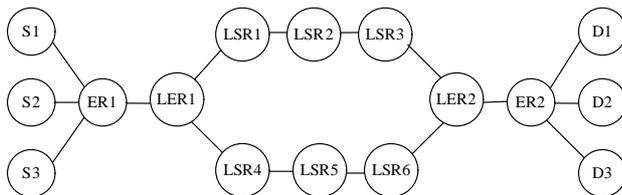


图 3 拓扑结构

核心网络由 6 个核心路由器 LSR(LSR1~LSR6)和 2 个边缘路由器 LER1, LER2 组成,LSR, LER 分别代表模型框架中 CR/LSR 和 BR/LER。LSR 之间的链路带宽为 1 Mb/s, LER1 和 LER2 与 LSR 之间的链路带宽为 1 Mb/s, LER 与边界路由器 ER 之间的带宽为 2 Mb/s, S, D 分别为源端和目的端主机,ER 与主机之间的带宽为 2 Mb/s。各链路时延均为 10 ms,仿真时间为 10 s,仿真过程共进行 10 次。仿真的网络环境为单纯的 MPLS 网络和本文提出的综合网络模型。

语音业务比其他业务具有更高的优先级,因此把它映射到优先类的服务。FTP 业务的优先级比语音业务低,比 HTTP 业务高,被映射到中间类服务。HTTP 业务优先级最低,被映射到尽力而为服务。各业务流的属性如表 1 所示。时延是 VoIP 业务 QoS 的重要指标。在单纯的 MPLS 网络中,语音

(上接第 106 页)

仿真脚本设置节点 0~节点 13 的 MPLS 状态为开,14~23 为普通节点,管理节点和区域划分与图 2 相同,管理节点具体为节点 0,9,13,同时初始设定信源 1 节点 14,组播数据代理类型为 UDP/CBR,packetSize_为 400, interval_为 0.010, dst_addr_随机生成, dst_port_为 0, rate_为 100, 节点 16, 18, 21 为组成员;设定信源 2 节点 17, 节点 15, 18, 20 为组成员,其他相关设定同信源 1。信源 1 和信源 2 分别在 0.1 s 和 0.7 s 开始数据传输。

图 4 为仿真过程中所有管理节点的控制信息消耗,它显示了管理节点为给分支节点分发控制消息所使用的链路数占整个组播树链路数的百分比。

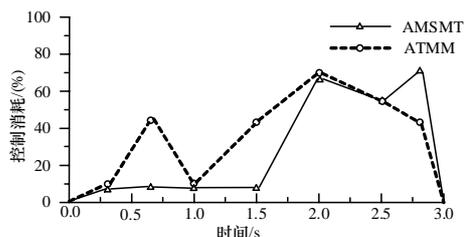


图 4 仿真控制信息消耗

从图中可以清晰地看出本文策略所采用的方式在控制信

流平均时延为 209 ms,而 ITU-T G.114 指定的最大值为 162 ms。应用本文的综合网络模型,语音流平均时延为 57 ms。综合的网络模型缩短了网络延迟时间,提高了 QoS 保证。

表 1 业务流属性

业务流	类型	源端	目的端	速率/(Kb·s ⁻¹)	类别
语音	Exponential/UDP	S1	D1	132	优先
FTP	FTP/TCP	S2	D2	--	中间
HTTP	HTTP/TCP	S3	D3	--	尽力而为

表 2 为 2 种环境下端到端的丢包率,由表 2 可见,本文提出的网络模型可以明显降低网络的丢包率。

表 2 2 种网络环境的丢包率

网络环境	数据包总数	丢包个数
MPLS 网络	12 270	122
综合网络模型	12 256	51

3 结束语

MPLS 流量工程与 DiffServ 集成,既可保留 MPLS 流量工程便于流量管理、快速转发的优点,也可对 DiffServ 域的资源提供聚合传输控制,提高了网络效率。此外,边缘网络的 IntServ 域可以为网络提供有效的端到端部署机制。理论上来说,本文提出的将多种技术互相结合、互相补充的下一代网络 QoS 模型可以提供更好的端到端 QoS,但更多方面的优势还有待于进一步仿真。

参考文献

- [1] Faucheur F L. MPLS Support of Differentiated Services[S]. RFC 3270, 2002-05.
- [2] Serenato F M, Rochol J. MPLS Backbones and QoS Enabled Networks Interoperation[C]//Proc. of the IFIP/ACM Latin America Conference on Towards a Latin American Agenda for Network Research. NY, USA: ACM Press, 2003: 44-57.
- [3] 黄建辉, 钱德沛, 王胜灵. 结合集成服务、差分服务和 MPLS 实现端到端 QoS 保证[J]. 微电子学与计算机, 2006, 23(4): 115-121.

息消耗方面除仿真结束时刻外都明显优于 ATMM,而这种情况只有在整个网络中的组播全部停止的情况下才会产生。

4 结束语

在环形管理 MPLS 组播树的策略中,环的主要作用不再是用来传递数据信息,而是用来管理控制。该策略能减少组播树管理控制信息的消耗,实现管理节点间信息交互,同时避免了单个管理节点失效的问题。

参考文献

- [1] Boudani A, Cousin B. A New Approach to Construct Multicast Trees in MPLS Networks[C]//Proc. of the 7th International Symposium on Computers and Communications. Taormina, Giardini Naxos, Italy: [s. n.], 2002: 913-919.
- [2] Cui Junhong, Faloutsos M, Gerla M. An Architecture for Scalable, Efficient and Fast Fault-tolerant Multicast Provisioning[J]. IEEE Network, 2004, 18(2): 26-34.
- [3] Xu Jie, Li Wei. An Aggregated-based Multicast Strategy for MPLS[C]//Proc. of International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing. Wuhan, China: [s. n.], 2005: 1044-1046.
- [4] 李小勇, 张卫, 郑伟. 基于 MPLS 域的 PIM-SM 组播协议的设计与仿真[J]. 计算机应用, 2004, 24(9): 77-79.