

# 多层次 MPLS 流量工程

许先斌, 袁行船, 张 驰, 孙立涛

(武汉大学 计算机学院, 湖北 武汉 430072)

摘要: 讨论了多层次 MPLS 流量工程。首先分析了单层 MPLS 网络的弱点; 然后介绍了 MPLS 的基本原理, 讨论了多层次 MPLS 流量工程并举出了例子说明, 并对单层次 MPLS 流量工程与多层次 MPLS 流量工程中的一些主要不同之处进行了说明; 最后提出了对这种多层次 MPLS 流量工程可研究的领域。

关键词: 多层次 MPLS 流量工程; 标签交换路由器

中图法分类号: TP311.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-3695(2005)07-0076-02

## Multi-Layer MPLS Traffic Engineering

XU Xian-bin, YUAN Xing-chuan, ZHANG Chi, SUN Li-tao

(School of Computer, Wuhan University, Wuhan Hebei 430072, China)

**Abstract:** This paper introduced the disadvantages of uni-layer. After explaining the characters and principles of MPLS which support MPLS traffic engineering, the paper discussed the multi-layer MPLS traffic engineering and gave out examples to illustrate. Then explained the differentias between uni-layer MPLS traffic engineering and multi-layer MPLS traffic engineering. Finally, we proposed the domain that we can continue study to end the article.

**Key words:** Multi-layer MPLS Traffic Engineering; LSR

流量工程是一种能将业务流映射到实际物理通路上, 同时又可以自动优化网络资源, 以实现特定应用程序服务性能要求的、具有宏观调节和微观控制能力的网络工程技术<sup>[4]</sup>。基于现有的 MPLS 流量工程讨论的主要技术局限于单层 MPLS 的流量工程<sup>[4,5]</sup>, 本文提出了多层次 MPLS 流量工程。单层次网络流量工程的弱点: 覆盖范围小, 如一个学校的局域网内可构建一个单层次的网络。只能解决该 MPLS 域中用户的流量问题, 也就是说, 如果域中的用户访问域以外的资源, 同样也产生拥塞。如果对于广域网, 那么构建的 MPLS 网络必然是基于 IP 的实现, 通过 IP 路由到某一个 MPLS 域中, 这样, 如果一个 MPLS 域中的多个用户要访问另一个相同的目的地或者 MPLS 域中的资源时, 必然导致了 IP 网络中的某一条最短路径拥塞, 而使得这两个域路由器中两个较长的路径没有得到充分的利用。

在一个多层次 MPLS 中, 根据目的地址所在的标签交换路由器的管辖范围和目的地所在的层次来进行路由。

### 1 MPLS 的基本特征和工作原理

在一个 MPLS 中, 多协议标签交换 (Multi-Protocol Label Switching, MPLS) 可提供对业务流量很强的控制能力, 使流量工程的实施十分便利。其以下特征可支持流量工程<sup>[3]</sup>:

(1) 类似于 ATM 的 VPI/VCI, MPLS 有一个标记 Label, 这个标记仅仅具有本地含义, 用于标记转发等价类 (FEC)。同时 MPLS 使用一种称之为标记的封装的规程, 来对第三层的数据包进行封装, 使得数据包能够独立于第三层, 并且保存第三层

的基本信息, 如 TTL, QoS 等。通用标签定义如图 1 所示。

Label	Exp	S	TTL
-------	-----	---	-----

图 1 通用标签定义

其中, Label 为标签值, 用于查询转发, 20bits; Exp 为建议用于差分服务, 3 bits; S 为标志是否到栈底, 若到栈底, 则 S 为 1, 1bit; TTL 为存活时间, 8 bits。

(2) 在上面我们提到 FEC (转发等价类), FEC 在 MPLS 中也是一个非常重要的概念。因为在 MPLS 基本的功能就是将数据流转换为 FEC。FEC 是 MPLS 标签交换路由器根据某一种相同特征的数据包进行分类, 然后从一个端口转发出去, 并分配同样的数据标签。在 MPLS 流量工程中, 可以根据链路状态如链路带宽和延迟等约束条件, 对 FEC 进行路由和转发。

(3) 在 MPLS 中将 LSR 分为边缘 LSR 和核心 LSR。边缘 LSR 规定所有 LSP 沿途所经过的 LSR, 而核心 LSR 仅仅根据明显路由, 知道下一个转发 LSR 后, 决定使用哪一个标签, 并进行标签交换。这样就将路由和转发分开了, 一方面减轻了核心 LSR 的压力, 提高其工作效率, 同时边缘 LSR, 根据链路使用的具体情况, 进行路由计算, 可避免流量的拥塞。这是一种明显路由, 有严格和松散之分。边缘 LSR 可以集中控制。

(4) 在 MPLS 中, FEC 必须映射到相应 LSP 上, 每个 LSP 都被指派有一个或者多个属性, 这些属性用于计算 LSP 路径的依据, LSP 的基本属性及其作用如表 1<sup>[1]</sup> 所示。

(5) 约束路由 (CBR) 是根据一定的限制条件, 如带宽或者管理策略等来确定路线, 因为约束路由比网络拓扑在确定路由方面考虑得更多, 因此它可以找到一条负载小路径长的路径, 网络通信量会因此分布更均匀。约束路由的目标是: 选择出能够满足服务质量要求的路由; 提高网络的利用率; 网络

数据流更均匀的分布。

MPLS 的工作过程如下:

(1) MPLS 入口 LSR, 综合考虑数据包 IP 信息头中传输的信息以及 LSR 维持的局部路由信息, 对数据包进行分类和路由, 然后一个 MPLS 头信息被插入到每个 IP 数据包中;

(2) 位于网络核心的 LSR 读每一个分组的标记, 并根据交换表以一个新的标记替换旧的标记, 然后, 这个动作将会在所有中心设备中重复;

(3) 在一个数据包离开一个 MPLS 域之前, MPLS 头信息将被移去, 将其转发至最终目的地。

表 1 LSP 属性

属性名	属性内容
带宽	将 LSP 路径保留带宽的最小需求量安装在这条路径上
路径属性	该属性决定 LSP 路径是由人工设置还是由约束路由动态的计算
优先级	当多条路径来竞争资源的时候, 该属性决定哪条路径获得资源
抢占优先级	该属性决定是否让一个新的 LSP 抢占一个已经建立的 LSP 所占用的资源
亲和力	LSP 管理指定的所有权
适应性	当提供一个新的 LSP 时, 该属性决定是否将该 LSP 转换为一个更优的路径
恢复性	如果当前路径不能实现功能, 该属性决定了是否应该重新路由

## 2 设计一个多层次 MPLS 流量工程

为了设计一个流量工程多层次的 MPLS 系统, 必须考虑以下因素<sup>[1]</sup>: MPLS 系统的地理范围; 参与分配的 LSR; MPLS 系统的层次结构。

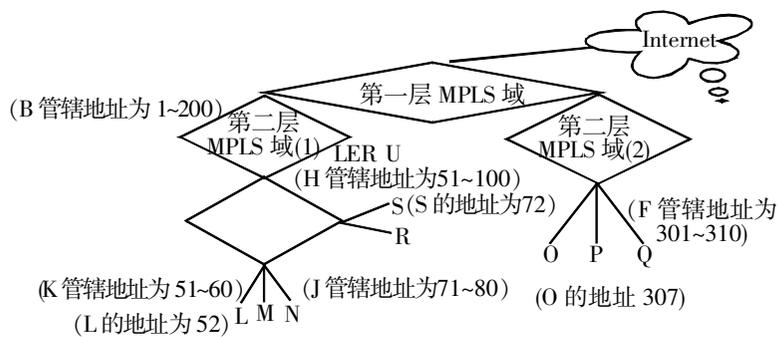
首先根据管理策略来决定 MPLS 系统的范围, 特别注意的是, 如果一个区域的数据量交换不是很多, 那么可以将这个区域并入到与其相邻的区域中的下一个层次, 如果区域交换数量很频繁, 那么就要将该区域分割成与其本身相同的一个层次并且相同一个域中。根据域的数量和交换数据量的大小分配 LSR, 并且确定这些 LSR 的角色, 即确定每个 LSR 是边缘 LSR 还是核心 LSR。若是边缘 LSR, 那么这个 LSR 就要负责路由计算以及它所应该管辖的下一层 MPLS 域的 LSR 及管辖范围, 如果是核心 LSR 仅仅负责数据包的转发和标签的交换。这个决定同样也受制于管理策略, 这些策略的根据可以是如一些路由的可靠性, 这些路由器没有足够的处理能力或者存储器的容纳能力。多 LSR 入口和出口意味着更多的 LSP 和因此而导致的路由的复杂性。但是因为 LSP 的平均大小(带宽要求)是较小, CBR 于是在多 LSP 路由中更加灵活。可以达到更高链接效率。

在 LSR 被决定之后, 网络管理者需要决定 MPLS 的层次, 根据 MPLS 系统的交换数量对其进行分层, 对于 MPLS 层次的数量是尽可能少。

## 3 多层次 MPLS 流量工程网络的路由和转发

如图 2 所示, 这个多层次 MPLS 流量工程一共有三层。最底下仅仅向用户提供服务, 如 L 节点, 其父节点 K 是第三层 MPLS 域中的边缘 LSR, K 节点除了向 L, M, N 这些用户节点发送数据包之外, 也可以与 I, J 这些边缘 LSR 建立连接, 形成该层 MPLS 域内的 LSP, 可以向这些节点发送数据包; 还可以与 H 这一边缘节点建立连接形成与 H 连接的 LSP, H 既是第三层的边缘 LSR, 同时也是第二层的边缘 LSR, 因此它可以与边缘

LSR B, LSR E, LSR F, LSR I, LSR J, LSR K 这些边缘 LSR 之间通过 CR-LDP 或者 RSVP 建立 LSP。



假如节点 L 要和节点 S 进行数据交换, 可以通过以下几步来完成:

(1) L 节点首先向 K 节点发送一个请求, 要与 S 节点建立连接, 假如 L 节点的地址是 52, 而 S 节点的地址是 72。

(2) K 节点发现这个 72 不是自己所管辖的地址范围, 于是 K 节点便在自己所在第三层 MPLS 域中, 查找相关的路由表, 发现 72 是 J 节点的管辖地址, 于是通过 CR-LDP 或者 RSVP 与 J 节点建立 LSP<sub>KJ</sub>, 如图 3 所示的 LER K-LSR3-LSR2-LER J。

(3) 建立 LSP<sub>KJ</sub> 之后, 节点 L 便可以与节点 S 进行数据交换。

上面所举出的例子实质上就是一个单层 MPLS 流量工程。下面我们要说的就是多层 MPLS 流量工程。

假如节点 L 要与节点 O 进行数据交换, 可以通过以下几步来完成:

(1) 节点首先向 K 节点发送一个请求, 要和 O 节点建立连接, 假如 L 节点的地址是 52, 而 O 节点的地址是 307。

(2) K 节点发现这个 307 不是自己所管辖的地址范围, K 节点便在自己所在的 MPLS 域中, 查找相关的路由表, 发现 307 不是该 MPLS 域的地址, 于是, 便直接与 H 通过 CR-LDP 或者 RSVP 建立 LSP<sub>KH</sub>, 为 LER K-LSR3-LSR1-LER H, 如图 3 所示。

(3) H 节点同样和步骤 (2) 一样进行同样的操作, 建立了与边缘 LSR B 的 LSP<sub>HB</sub>, 如图 4 所示的 LER H-LSR8-LSR7-LSR6-LSR4- LER B。

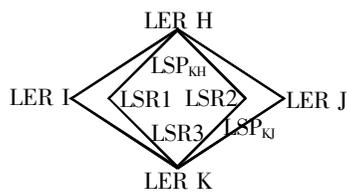


图 3 第三层 MPLS 域的网络结构图

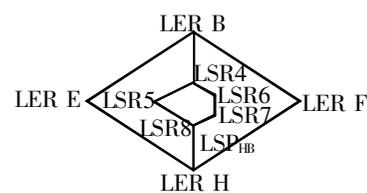


图 4 第二层 MPLS 域(1)的网络结构图

(4) 在最高层中, B 发现 307 这个地址为边缘 LSR D 所管辖的地址范围, 便通过 CR-LDP 或者 RSVP 与 D 建立 LSP<sub>BD</sub>, 如图 5 所示的 LER B-LSR10-LSR11-LSR12- LER D。

(5) D 则发现 307 这个地址是 F 所管辖的地址范围, 于是通过 CR-LDP 或者 RSVP 与 F 建立 LSP<sub>DF</sub>, 如图 6 所示的 LER D- LER F。

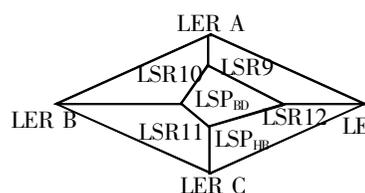


图 5 第一层 MPLS 域的网络结构图

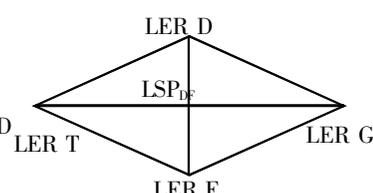


图 6 第二层 MPLS 域(2)的网络结构图