

# 多协议标记交换



代建华 (武汉大学计算机科学与技术系 430072)

1996年春天,美国加州一名为Ipsilon的刚成立的小公司提出了IP交换的思想,从而引发了一场革命。Ipsilon提出了IP交换机的概念,它将一个IP路由器捆绑在一个ATM交换机上,去除了交换机中所有ATM论坛信令和路由协议。ATM交换机由与其相连IP路由处理器控制;IP交换机作为一个整体运行,执行IP路由协议,并进行逐跳方式的IP分组转发。许多著名公司提出了各自的IP交换方案: Cisco发布了标记交换,提出了用IP交换来包含分组的概念,该构思的产生动机是让路由器能采用一种标签交换的转发机制来提高以路由器为核心的网络性能; IBM提出了聚合的基于路由的IP交换(Aggregate Route-Based IP Switching, ARIS)解决方案, ARIS是首次引入了汇聚的交换通路的IP交换机制,在多个不同源端和同一目的端之间可以建立多点到点的交换通路,因此降低了对交换机资源的消耗; 3Com公司开发了称为FastIP(FIP)的在第二层交换网络上进行IP交换的解决方案; Ascend公司开发的IP导航器(IP Navigator, IPnav)是在运行于广域网的帧中继/ATM交换机的网络上提供IP交换业务的解决方案。1996年12月,在MIT举行了一个关于标记交换的国际会议,不久IETF成立了一个从事综合路由和交换问题研究的工作组,并称为多协议标记交换(Multiprotocol Label Switching, MPLS)工作组。

## 1 MPLS 中的 $n$ 个基本概念

1.1 汇流(Stream): 沿一特定路径,在转发时按特定方法转发的一组数据分组序列。

1.2 标记(Label): 一个短小而且定长的、只具有局部意义的标识符,用来标识一个“流”。标记的局部意义指一个标记仅在它被采用的、邻接的两个MPLS节点之间有效。

摘要: 多协议标记交换(MPLS)将面向连接的机制加入到面向非连接IP协议中,既能保持IP协议的灵活性、可靠性和可扩展性,又能大大提高数据的转发速度和网络的吞吐量,还十分有利于QoS的实现,是一种非常有前景的网络技术。本文从MPLS中的基本概念出发,分析了其工作原理,并对标记的语义和粒度、聚合与合并、标记分发的驱动机制,以及标记信息库与相关标记操作等方面进行了探讨。

关键词: 多协议标记交换 标记 标记分发

1.3 标记交换(Label Swap): 一种基本的链路层转发操作,包括查找进入分组的标记来决定对应的出口标记、链路层封装、输出端口及其他数据信息处理操作。

1.4 标记交换路由器(Label Switching Router, LSR): 具有标记交换能力的路由器,它可以是一个传统交换机扩充IP路由功能,也可以由传统路由器升级为支持MPLS,它的所有接口都是标记交换接口。

1.5 标记边缘路由器(Label Edge Router, LER): 它位于MPLS网络的边缘,带有非标记交换接口。它接收数据分组并加入标记,数据分组离开时拆去标记,具有第三层转发功能。

1.6 转发等价类(Forwarding Equivalence Class, FEC): 在相同的路径上转发,以相同方式处理并因此被一个LSR映射到一个单一标记的一组第三层分组。FEC只具有局部意义,即在一个LSR中属于同一个FEC的两个分组,在下一个LSR中可能属于不同的FEC。FEC用于在LSR内部将业务分类转发。在提供合并功能的网络中, FEC可以和标记一一对应。

1.7 标记合并(Label Merging): 用单一的出口标记替换与一特定FEC相对应的多个出口标记的操作和功能。

1.8 标记栈(Label Stack): 一个排序的标记集。在一个分组中添加标记栈,可以隐地承载多于一个FEC的信息,它使得MPLS支持分级路由。

1.9 MPLS域(MPLS Domain): 运行MPLS路由选择 and 分组转发的一组连续节点的集合,这些节点存在于同一个路由或管理域中。

1.10 标记交换路径(Label Switched Path, LSP): 数据在MPLS网络中转发时,由某一LER开始,中间经过一个或多个LSR而到达另一LER的一条路径,它由MPLS

节点建立,目的是采用标记转发机制来转发一个特定的FEC的数据分组。

## 2 MPLS 的基本工作原理

MPLS的出现源于早期的IP交换解决方案,它的基本目标之一是简化通过网络转发IP分组。在传统IP转发机制中,每个路由器分析包含在每个分组头标中的信息,然后解析分组头标,提取目的地址、查询路由表、决定下一跳地址、计算头标校验、减掉TTL、完成合适的出口链路封装,最后发送分组。即每个路由器的处理过程是:分析分组的网络层头标,根据目的地址前缀为分组分配一个FEC,然后将FEC映射到下一跳。MPLS旨在简化上述过程,其入口LER按传统的网络层分组转发方式接收分组,分析分组的网络层分组头标;然后通过标记分发协议(Label Distribution Protocol,LDP)完成LSP的建立。入口路由器不是将FEC映射到下一跳,而是向分组添加标记。当加入标记的分组在MPLS网络中转发时,就不再需要经过网络层的路由选择,而由标记交换路径上的MPLS节点在链路层通过标记进行交换转发。当分组要离开MPLS网络时,拆去分组中的标记。与传统的IP转发相比,MPLS简化的转发机制可用图1来说明。

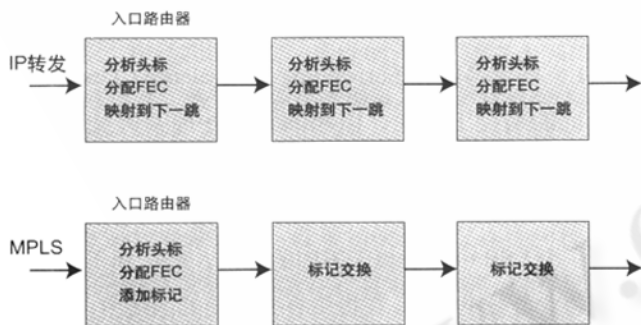


图1 MPLS与传统IP转发机制的比较

## 3 标记的语义和粒度

标记的语义和粒度在MPLS系统中至关重要。标记的语义指在使用标记进行分组转发时,标识所代表的流。标记的粒度是指标记所表示的信息的详细程度。在MPLS网络中,首先必须确定合适的标记语义。标记的基本语义是一个索引,可用在在分组转发时索引路由表,确定相应转发路径,起到网络层路由的功能。此外,标记还有扩展语义,对应于一些特定的策略路由规程。标记粒度直接影响MPLS的扩展性,并将影响MPLS的整体性能,包括系

统中标记的数量、标记信息库的规模、标记操作的复杂度等。标记的粒度在实际中指标记对应不同的流:①应用流(ftp、telnet、http等不同种类的应用流);②一对主机之间的流;③两个网络之间的流;④同往某个出口点的流;⑤组播流。

## 4 聚合与合并

将业务量划分为FEC的一种简单方法是为路由表中出现的每一个地址前缀创建一个FEC,但当一组FEC中的业务量经过相同的路由时,显然这种方法不合理。例如一组不同地址前缀的业务量可能有相同的出口节点,而标记交换只是用来将业务量送到该出口节点。此时,这些FEC本身是一个FEC,这样就可以将单一一个标记捆绑到多个FEC,即聚合(Aggregation)。假设一个LSR已经绑定多个入口标记到一个FEC,当转发这个FEC的分组时,我们可能希望为所有这些分组提供单一一个出口标记,这就是前面已提到的标记合并(Label Merging)。我们称允许从不同输入接口或不同入口标记接收分组,并将分组从同一接口以同一标记发送出去的LSR为可合并LSR,否则为不可合并LSR。不可合并LSR接收带有不同标记的若干分组后必须以不同的出口标记将它们转发出去。支持合并时,每个FEC只需要一个标记。

## 5 标记分发的驱动机制

传统的网络层路由协议采用周期性地路由更新机制,是一种定时的触发机制,不适合于标记分发。MPLS定义了三种标记分发驱动机制:

- (1) 拓扑驱动(Topology Driven),即网络拓扑结构的变化激发标记分发操作。
- (2) 业务驱动(Traffic Driven),即当网络节点识别出达到的业务流后激发标记分发。
- (3) 请求驱动(Request Driven),即网络节点建立一条流的请求激发标记操作。

由于MPLS设计用于大型的IP网络,因此一般采用拓扑驱动的方案,图2描述了拓扑驱动的概念。当LSR2收到路由表更新信息时,触发计算路径的过程,由此在转发信息库(FIB)中添加或修改。并且对于每个FEC在输入端口上分发一个标记并放置在标记信息库(LIB)中,此标记与FEC的捆绑信息和上游的LSR1通过LDP进行通信,然后LSR1将这一标记放置在它的LIB中相应的输出端口上。

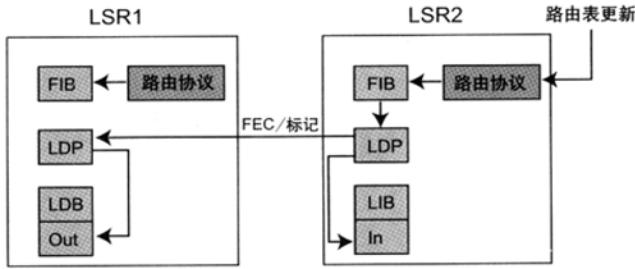


图 2 拓扑驱动标记分发

6 标记信息库及相关标记操作

标记信息库(Label Information Base,LIB)是保存在 LSR(LER)中的连接表,其中包含有 FEC/ 标记的捆绑信息、关联端口和链路层封装信息。具体来说包括: 入口端口、入口标记、下一跳 LSR、FEC 标识符、在标记上执行的操作、出口标记、出口端口和出口链路层封装。

表 1 一个标记信息库的例子

输入端口	入口标记	下一跳 LSR	FEC 标识符	标记操作	出口标记	输出端口	链路层封装
1	1	LSR2	A	Replace	2	2	ATM
1	4	LSR4	D	Replace	5	3	ATM
2	7	LSR2	A	Replace	2	2	FR
3	3	LSR3	C	Push	3	2	PPP
4	2	LSR2	A	Pop			Ethernet

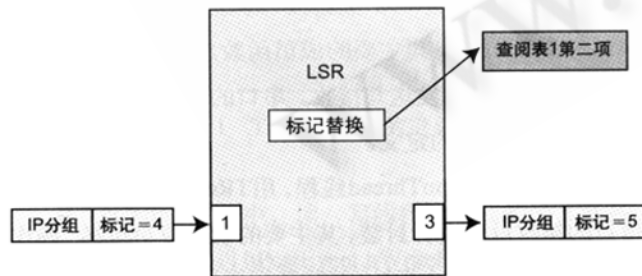


图 3 标记的替换操作

目中的出口标记替换掉原来的入口标记,然后将分组转发出去,如图 3 所示(该 LSR 的 LIB 如表 1 所示):

上图中,当标记为 4 的分组达到该 LSR 的 1 号端口时,查阅该 LSR 的 LIB,发现与第二项匹配,根据该项,得到输出端口为 3 号端口,出口标记为 5。

7 结束语

随着 IP 业务的快速发展,MPLS 逐渐成为人们最为关注的网络技术之一。采用 MPLS 技术对于 IP 业务转发,不再用传统的逐跳方式,也不再需要在网络中的所有路由器进行第 3 层路由表查询,只需在 LER 作一次路由表查询,而在 LSR 进行多次交换,由此 MPLS 可满足网络高速转发数据分组的需求。另外,MPLS 在实现 QoS 方面有许多优势,人们也在积极探索将它用于提供 QoS 保证。但 MPLS 是一个不成熟的技术,至今 IETF 还只有草案,并无标准,也正因如此还有广阔的研究领域,包括用它实现流量工程(Traffic Engineering)、构建 MPLS 之上的虚拟专用网(Virtual Private Network,VPN)以及它的安全性等。■

参考文献

- 1 E.C.Rosen,A.Viswanathan,R.Callon,"Multiprotocol Label Switching Architecture", Internet-draft,draft-ietf-mpls-arch-06.txt,Aug 1999
- 2 Christopher Y.Metz,"IP Switching Protocols and Architectures",机械工业出版社,1999,11
- 3 Ken-ichi Nagami,H.Esaki,Y.Katsube,O.Nakamura,"Flow Aggregated,Traffic Driven Label Mapping in Label-Switching Networks",IEEE Journal on Selected Areas in Communications,Vol.17,No.6,Jun 1999,pp1170-1177
- 4 P.Newman,G.Minshall,T.Lyon,L.Huston,"IP Switching and Gigabit Routers",IEEE Communication Magazine,Jan 1997,pp64-69
- 5 吴产乐,代建华等,"多协议标记交换—多媒体远程教育 IP 网络的核心技术",武汉大学学报(自然科学版),Vol.45,No.5 (A),Oct 1999,pp539-543
- 6 代建华,"多协议标记交换及其在 IP 网络中应用研究",武汉大学硕士学位论文,2000 年 5 月