

ICS 33.040  
M 10

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2317.1~4-2011

---

## 基于多协议标记交换(MPLS) 的组播技术要求

(第 1~4 部分)

2011-05-18 发布

2011-06-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

ICS 33.040

M 10

**YD**

# 中华人民共和国通信行业标准

YD/T 2317.1-2011

---

基于多协议标记交换(MPLS)

的组播技术要求

第 1 部分: MPLS 网络中的

IP 组播业务技术要求

MPLS multicast technical specification

Part 1: technical requirements for IP multicast in  
a multi-protocol label switching environment

2011-05-18 发布

2011-06-01 实施

---

中华人民共和国工业和信息化部 发布

## 目 次

前 言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 概述	2
6 二层特性	2
7 MPLS 相关的组播特性	3
7.1 聚合	3
7.2 泛洪和剪枝	3
7.3 源树和共享树	4
7.4 源树和共享树的并存	4
7.5 单向和双向共享树	6
7.6 组播数据的封装	6
7.7 环路避免	7
7.8 现有协议与组播特性对照表	7
8 在单节点上的二三层混合转发	7
9 IP 组播 LSP 的触发	8
9.1 请求驱动	8
9.2 拓扑驱动	9
9.3 流量驱动	9
9.4 触发机制和标签分发模式的关系	10
10 Piggy-backing	10
11 显式路由	11
12 QoS/CoS	11
12.1 DiffServ	11
12.2 IntServ 和 RSVP	11
13 多接入网络	11
14 其他问题	12
14.1 TTL 域	12
14.2 独立和有序标签分发方式	12
14.3 保守和自由的标签保持方式	12
14.4 上游和下游标签分配方式	13
14.5 显式和隐式的标签分发方式	13
15 安全	13



## 前 言

本部分按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写规则》、GB/T 1.2—2002《标准化工作导则 第2部分：标准中规范性技术要素内容的确定方法》的要求编写。

《基于多协议标记交换（MPLS）的组播技术要求》包括4部分：

- 第1部分：MPLS网络中的IP组播业务技术要求
- 第2部分：基于RSVP-TE的点对多点流量工程标签交换路径技术要求
- 第3部分：基于LDP的点对多点和多点对多点标签交换路径技术要求
- 第4部分：MPLS组播与VPN组播业务间的服务接口技术要求

本部分为《基于多协议标记交换（MPLS）的组播技术要求》的第1部分。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：中兴通讯股份有限公司、工业和信息化部电信研究院、华为技术有限公司、上海贝尔股份有限公司。

本部分主要起草人：冯 军、胡 侃、吴 波、马军锋、曹 玮、张立新、罗 鉴。

# 基于多协议标记交换(MPLS)的组播技术要求

## 第 1 部分：MPLS 网络中的 IP 组播业务技术要求

### 1 范围

本部分规定了多协议标签交换网络中开展组播业务需要解决的问题，包括 MPLS 相关组播特性、LSP 的触发机制、QoS 等技术。本部分不涉及具体的 MPLS 组播实现方法。

本部分适用于多协议标签交换网络中开展组播业务的技术实现。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

IETF RFC 2382	ATM 网络中的集成服务和资源预留协议框架
IETF RFC 3032	MPLS 标签栈的编码
IETF RFC 3034	帧中继网络中的标签交换
IETF RFC 3035	基于 LDP 和 ATM VC 交换的 MPLS 网络

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件：

#### 3.1.1

**标签交换路径 Label Switched Path**

通过 MPLS 信令或手工配置的方法建立好的 MPLS 标记交换连接

#### 3.1.2

**标签交换路由器 Label Switched Router**

利用标记交换，通过输入标记对数据报进行转发的路由器

#### 3.1.3

**标签分发协议 Label Distribution Protocol**

一种标记分发协议，完成 FEC 与标记映射分发

#### 3.1.4

**等价转发类 Forwarding Equivalence Class**

在每一节点遵循相同的转发调度行为的数据包的集合

### 4 缩略语

下列缩略语适用于本文件：

ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式
CoS	Class of Service	服务类别
DLCI	Data Link Connection Identifier	数据链路连接标识符
DVMRP	Distant Vector Multicast Routing Protocol	距离矢量组播路由协议



FR	Frame Relay	帧中继
IGMP	Internet Group Management Protocol	网际组管理协议
IP	Internet Protocol	互联网协议
L2	layer 2	二层(如 ATM, Frame Relay)
L3	layer 3	三层(如 IP)
LSP	Label Switched Path	标签交换路径
LSR	Label Switching Router	标签交换路由器
LSRd	Downstream LSR	下游 LSR
LSRu	Upstream LSR	上游 LSR
MOSPF	Multicast OSPF	组播 OSPF
mp2mp	multipoint-to-multipoint	多点对多点
MRT	Multicast Routing Table	组播路由表
p2mp	point-to-multipoint	点对多点
PIM-DM	Protocol Independent Multicast-Dense Mode	协议无关组播协议—密集模式
PIM-SM	Protocol Independent Multicast-Sparse Mode	协议无关组播协议—稀疏模式
QoS	Quality of Service	服务质量
RPT-bit RP	Reverse Path Tree bit	参考[IETF RFC 2362]
RSVP	Resource reSerVation Protocol	资源预留协议
SPT-bit	Shortest Path Tree bit	最短路径树 bit (参考[IETF RFC 2362])
SSM	Source Specific Multicast	源指定组播
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
UDP	User Datagram Protocol	用户报文协议
VC	Virtual Circuit	虚拟电路
VCI	Virtual Circuit Identifier	虚拟电路标识符
VP	Virtual Path	虚拟通道

## 5 概述

在MPLS网络中，LSP路径由三层路由协议决定，由三层路径映射到二层LSP路径。工作在二层的LSP可以提高网络的性能，并且MPLS可以提供QoS和TE等功能，以提高网络服务质量。除了在等开销网络中，当前各种单播路由协议对于某一（源地址、目的地址）对将产生相同的最短或者最优路径。组播路由协议需要计算出一棵连接N个节点的最小开销树。然而，当前不同的组播路由协议将会计算出不同的组播树。本部分只关注域内组播路由协议，域间组播路由协议已经超越本部分范围。

## 6 二层特性

虽然MPLS可以支持多协议，即可以支持多种二层和三层协议，但是在实际应用中，IP是其应用的唯一三层协议。MPLS可以工作在多种二层协议上，如PPP/Sonet、Ethernet、ATM和FR等。当标签交换需要向二层交换映射时（如VPI/VCI作为标签），问题主要集中在ATM的映射。ATM可以提供高性能的交换



能力和QoS保证,但在实现MPLS中存在一些限制[IETF RFC 3035]。同样的情况出现在Frame Relay中[IETF RFC 3034]。这些限制概括如下:

- 有限的标记空间: 标记的比特数比较少,限制了可以建立的LSP数目;
- 合并: 某些二层技术不支持多点到点和多点到多点的链接,从而阻碍了LSP的合并;
- TTL: 在二层技术中,不支持TTL的递减功能。

这三个限制都会影响本标准描述的MPLS组播的实现。同时,在PPP和Ethernet链路中,单播和组播LSP可以在同一时间使用同一个标签,因为它们所携带的单播和组播Ethernet类型不同[IETF RFC 3032]。

## 7 MPLS 相关的组播特性

目前存在多种组播路由协议,如DVMRP、PIM-SM、PIM-DM和CBT等。它们在可扩展性、计算复杂性、延迟、控制消息开销、树类型等方面各有特色。以下仅仅描述和MPLS相关的特性。

本部分描述组播路由协议的下列特性:

- 聚合;
- 泛洪和剪枝;
- 源树和共享树;
- 源树和共享树两种模式的共存;
- 单、双向共享树;
- 组播数据的封装;
- 环路问题。

本部分并不产生对某一个组播路由协议的最终选择,而且完全有可能在Internet上同时配置不同的组播路由协议。

### 7.1 聚合

单播情况下,不同的目的地址在路由表中可以聚合成一项,生成一个FEC和一个LSP;组播流有两个粒度表示,共享树的(\*, G)和源树的(S, G),其中S是组播源地址, G是组播组地址。在组播中,对于不同的组播组目的地址的组播树的聚合,目前还处于研究阶段。

### 7.2 泛洪和剪枝

为了建立一棵组播树,一些IP组播路由协议(如DVMRP、PIM-DM)将组播数据在网络中泛洪。如果某个分支不需要接收特定组的数据,则对此分支进行剪枝操作,这个过程周期性地进行。具有泛洪和剪枝的组播路由协议有如下特点,和单播不同。

a) 稳定性: 由于组播协议需要不断地泛洪和剪枝,树的结构很不稳定。由于考虑到信令的负担以及LSP的建立时间等问题,从三层p2mp树到二层p2mp LSP的映射需要高效率。由二层LSP构成的不稳定的树,会消耗大量的标签,在标签有限的情况下,是一个不足。

b) 流驱动: 在组播源发送数据流的时候,组播路由转发状态才开始建立。如果组播路由协议定时器超时,则路由器可以独立地删除转发状态。

■ 这样LSP就不能如同单播一样,预先建立完成。为了能在发现流量后尽快建立LSP,需要一个快速的LSP建立方法。

- 由于组播路由是由流量触发的,所以LSP的建立和拆除也需要流量来触发。



■ 如果LSR不支持三层转发，那么就需要上游LSR来触发LSP的建立（上游自主或者下游按需标签分发）。

### 7.3 源树和共享树

IP组播路由协议可以建立源树和共享树。源树(S,G)表示树由一个源地址S和一个组地址G来表示，共享树(\*,G)表示树仅仅由一个组地址G来表示，如图1所示。

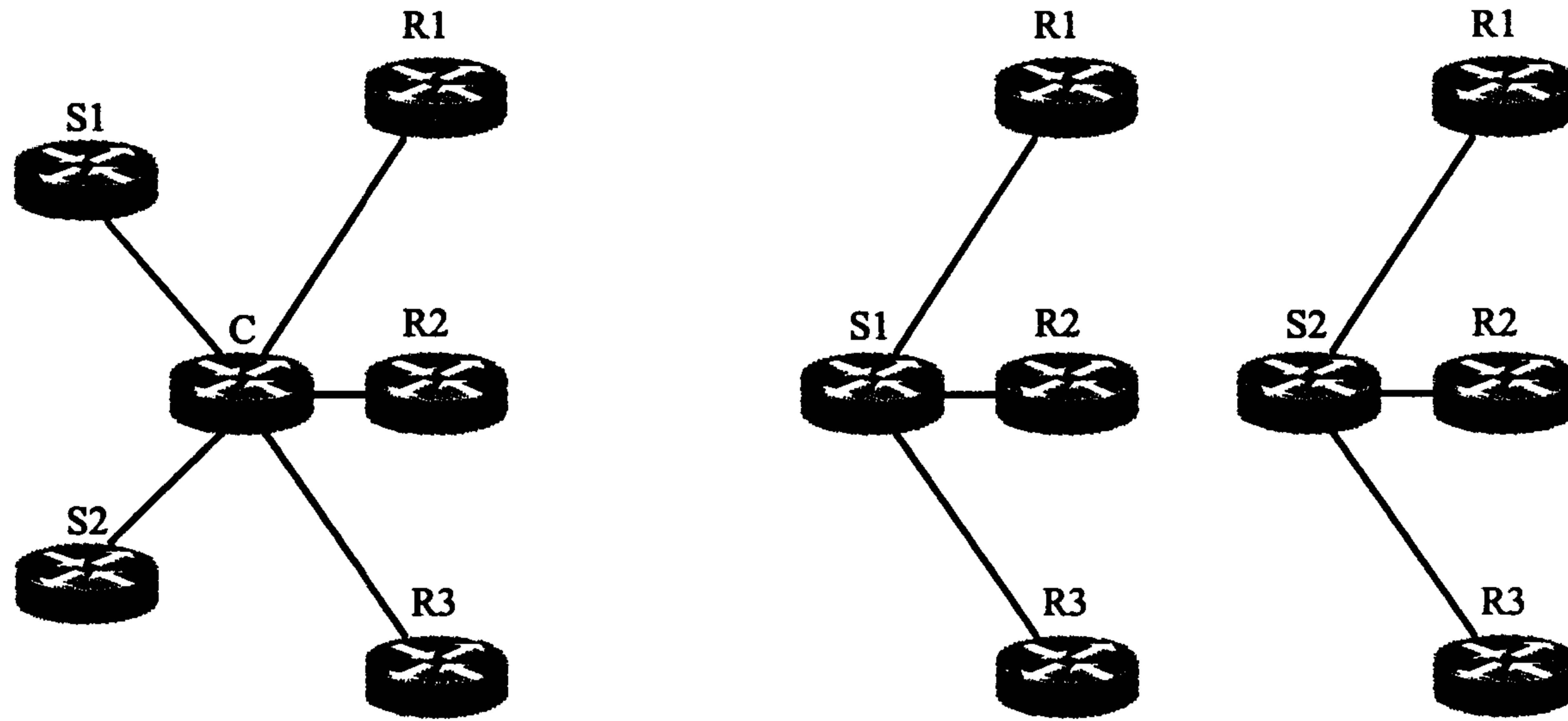


图1 共享树和源树

在MPLS网络中，使用共享树的优势是消耗的标记资源比源树要少（共享树为一个组分配一个标签，源树为一个源和一个组分配一个标签）。但是，共享树映射到二层LSP，需要建立mp2mp LSP，实现mp2mp LSP存在标记合并问题。

在实际实现中，共享树一般用来进行组播源的发现，然后切换到源树进行组播数据流的传输。

### 7.4 源树和共享树的并存

一些组播路由协议，如PIM-SM，同时支持源树和共享树。在一台路由器上，对于同一组地址G，将同时存在(\*, G), (S, G)两个转发状态。下面描述了两种转发状态共存的情况。假设发送者用Si表示，接收者用Ri表示，RP为组播集合点路由器，Ni表示LSR设备，数字表示的是接口号，Reg表示注册接口。

1) 图2显示了从共享树到源树的切换。R1到RP的最短路径是N1-N2-N5。N1是接收者R1的DR，N1发起源树(S1,G)建立。当N2从源树(S1,G)收到组播数据报文后，决定发送Prune消息给N5。在共享树和源树（从N2开始）重合的部分节点，以及S1不需要在共享树上转发的节点上，将会出现组播状态共存的情况。

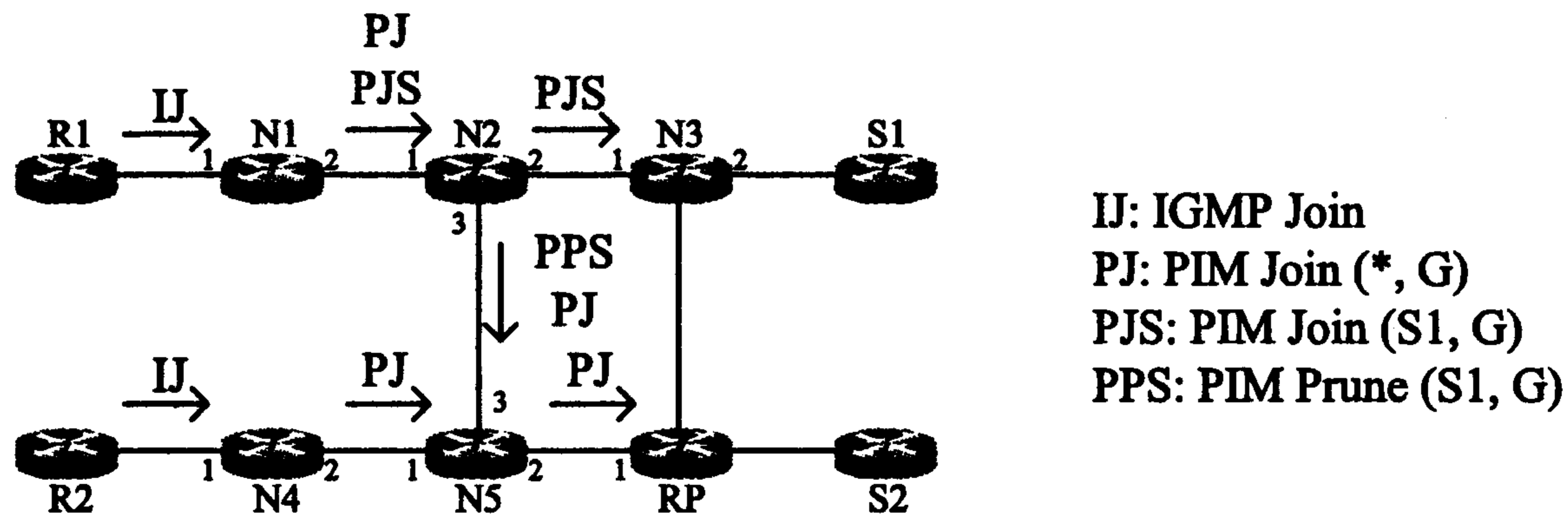


图2 共享树到源树切换示意

组播路由表中的组播路由状态如下：

in RP: (\*,G):Reg→1 (i.e. incoming itf=Reg; outgoing itf=1)

in N1: (\*,G):2→1



in N2: (\*,G):3→1  
 (S1,G):2→1  
 in N3: (S1,G):2→Reg,1  
 in N4: (\*,G):2→1  
 in N5: (\*,G):2→1,3  
 (S1,G)RPT-bit:2→1

2) 图3显示了在没有组播树切换的情况下, (S, G)和(\*, G)状态共存的情形。由于N3是S的DR, 所以会建立状态(S, G)。所有共享树上的节点都有(\*, G)状态, 这样N3上同时有(S, G)和(\*, G)状态。如果DR已经在树上, 则N3发送(S, G)Prune消息给N2和N1, 进行共享树的剪枝操作。

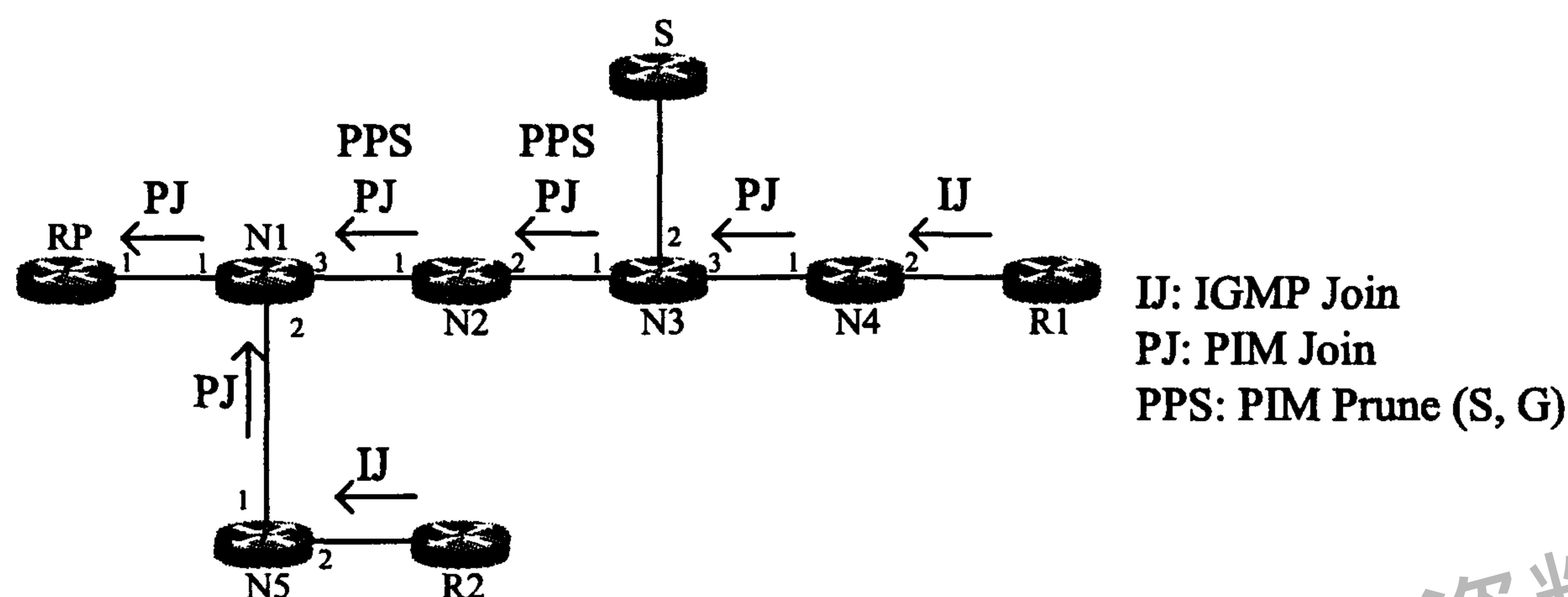


图3 没有组播树切换的情况下, (S, G)和(\*, G)状态共存示意

组播路由表中的组播路由状态如下:

in RP: (\*,G):Reg→1 (i.e. incoming itf=Reg; outgoing itf=1)  
 in N1: (\*,G):1→2,3  
 (S,G)RPT-bit:1→2  
 in N2: (\*,G):1→2  
 (S,G)RPT-bit:1→none  
 in N3: (\*,G):1→3  
 (S,G):2→Reg,3  
 in N4: (\*,G):1→2  
 in N5: (\*,G):1→2

从上面两个情况可以发现有两种状态并存的情况:

1) (S, G)的RPT位没有置位(如图2中的N2, 图3中的N3)。(\*, G)和(S, G)有不同的入接口, 部分相同的出接口。在(\*, G)和(S, G)的入接口上有可能同时收到数据报文。在图2中的N5和图3中的N1处理Prune消息后, 将(S, G)的SPT位置位, 此时(S, G)SPT-bit条目会阻止流量从(\*, G)的入接口收到, 所以在(\*, G)和(S, G)的入接口上同时收到的时间是很短的。

2) (S, G)的RPT位置位(如图2中的N5, 图3中的N1)。(\*, G)和(S, G)RPT-set有相同的入接口, 不同的出接口。这时(S, G)RPT-set的流量需要从(\*, G)中分离出来。在MPLS中, 这种状态共存有如下4种可选的解决方案:

a) 第一种方法是终止LSP，然后流量开始进行三层转发。如果在LSR上，(S, G)没有出接口，则不需要进行三层转发，可以忽略此状态；LSR不需要建立(S, G)的LSP，只需要维护(\*, G)的LSP。

b) 第二种方法是为共享树上的每一个源都分配一个标签，多个有效源分配的标签对应于一个(\*, G)条目。由于一开始并不知道组播源的位置，所以需要使用流量驱动来建立LSP，从而需要一种LSP的快速建立机制。

c) 第三种方法是只对源树进行标签交换，而共享树上的流量进行三层转发。此时，共享树完全被接收者用来作为源的发现方法，通过设定一个低的共享树和源树的切换阈值，接收者可以很快切换到源树。

d) 第四种方法，对于有出接口非空的(S, G) RPT-set条目的LSR，向RP方向的上游LSR分发标签。这样建立了从RP到此LSR之间的一条(S, G)流量的LSP。其上游LSR可以根据合适的出接口，将(S, G) LSP合入(\*, G) LSP。

### 7.5 单向和双向共享树

双向共享树（如CBT协议）会产生大量的合并点（M为合并点）。图4显示了在双向树上，由两个源S1和S2产生的这些合并点。

图5显示了单向共享树中的情况。两个源S1和S2使用隧道方式向根节点R发送数据流，产生一个合并点，即共享树的根节点。

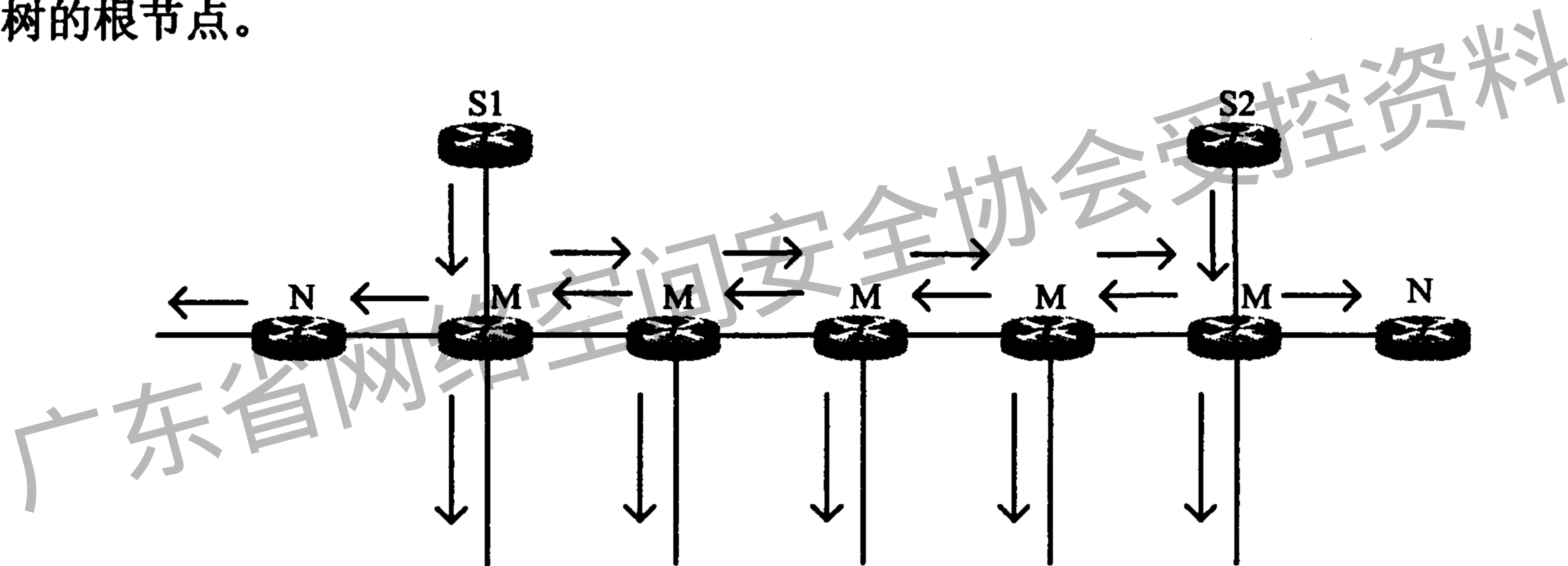


图4 双向共享树产生的合并点

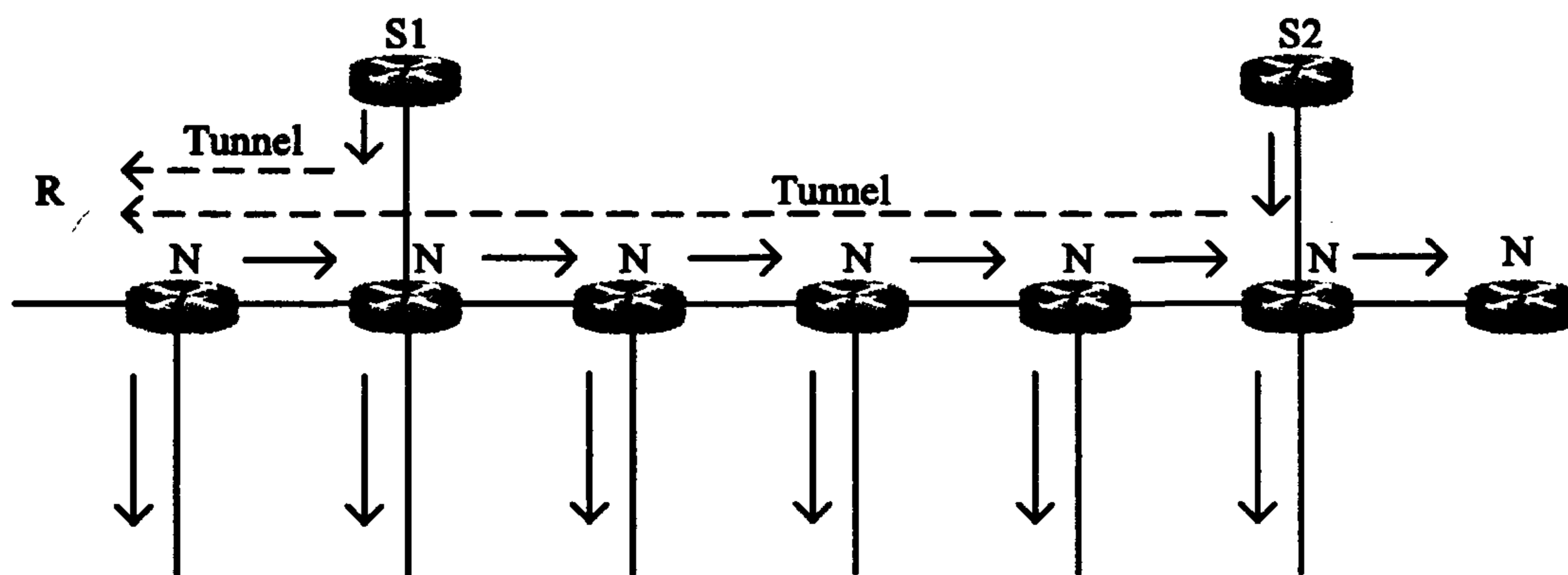


图5 单向共享树产生的合并点

### 7.6 组播数据的封装

单向共享树的组播源以及双向共享树的非组播成员的组播源，首先要把组播数据进行封装，然后发送给共享树的根节点，由根节点进行解封装。这种封装和解封装的操作需要三层处理。所以在这种需要进行封装和解封装的情形中，是无法建立起端到端的LSP的。

需要注意的是：



1) 如果LSR支持二层、三层混合转发，则DR上的(S, G)流量仍然可以通过二层转发到RP节点，而不需要在注册接口上进行三层转发；

2) 通过二层封装进行MPLS流量转发，仍然可以获得MPLS转发的优势；

3) 如果RP节点要加入(S, G)源树，则可以建立一棵端到端的(S, G)流量的LSP。

### 7.7 环路避免

依靠单播路由协议的组播路由协议同样存在着环路问题，而且组播中环路问题会比单播更加严重。因为一旦发生环路，连接此环路的所有分支都会收到数据的拷贝，从而造成数据的严重扩散。目前环路检测在LDP中是一个可选配置选项。

### 7.8 现有协议与组播特性的对照

表1总结了上述特性与多种组播路由协议的关系，涉及的组播协议有DVMRP、MOSPF、CBT、PIM-DM、PIM-SM、SSM和SM。例如，第一列的DVMRP使用泛洪/剪枝的方式来建立组播树，要消耗大量的标签资源；同时，由于DVMRP使用源树，在标签交换时不存在合并问题。

表1 IP组播路由协议

	DVMRP	MOSPF	CBT	PIM-DM	PIM-SM	SSM	SM
聚合	无	无	无	无	无	无	无
泛洪和剪枝	是	否	否	是	否	否	可选
树的类型	源	源	共享	源	源/共享	源	共享
共存（源树和共享树）	无	无	无	无	有	无	无
单、双向	N/A	N/A	双向	N/A	单向	单向	双向
封装	无	无	有	无	有	无	有
无环路	否	否	否	否	否	否	否

## 8 在单节点上的二三层混合转发

对于单播数据，只有一个入接口和一个出接口，可以在二层转发或者三层转发，如图6所示。由于组播数据转发时可能有多个出接口，所以可能某些分支在二层转发，某些分支在三层转发。

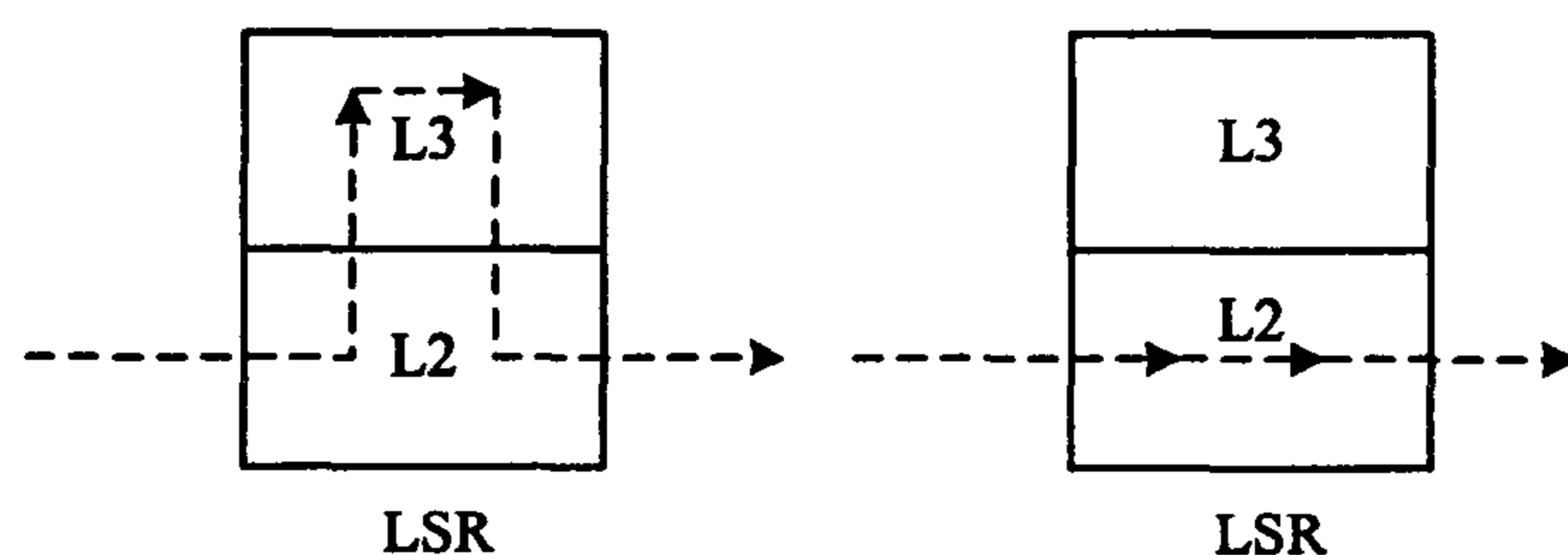


图6 单播流在二层和三层转发

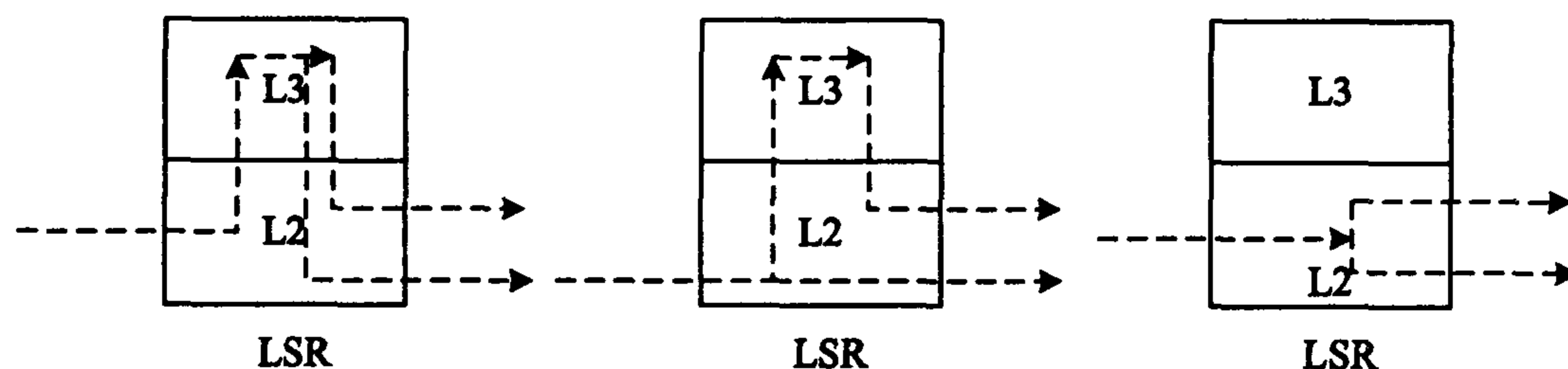


图7 组播流在二层和三层转发

支持二层/三层混合转发的节点能够将组播流分成在二层和三层上分别转发。在组播转发中，已经进行二层转发的分支，不能够再进行三层转发，即同一分支，不能同时进行二层/三层混合转发，这可以在MRT表中设置标志位来解决。



虽然支持二层/三层混合转发需要处理三层流量,但是在三层转发引擎上的负载比纯三层节点的要轻。

如图8所示, LSR A对于LSR B来说, 是一个MPLS边缘节点, 对LSR C是一个MPLS核心交换节点。使用三层和二层转发, 使得与LSR B之间的三层转发不会影响与LSR C之间的二层转发。

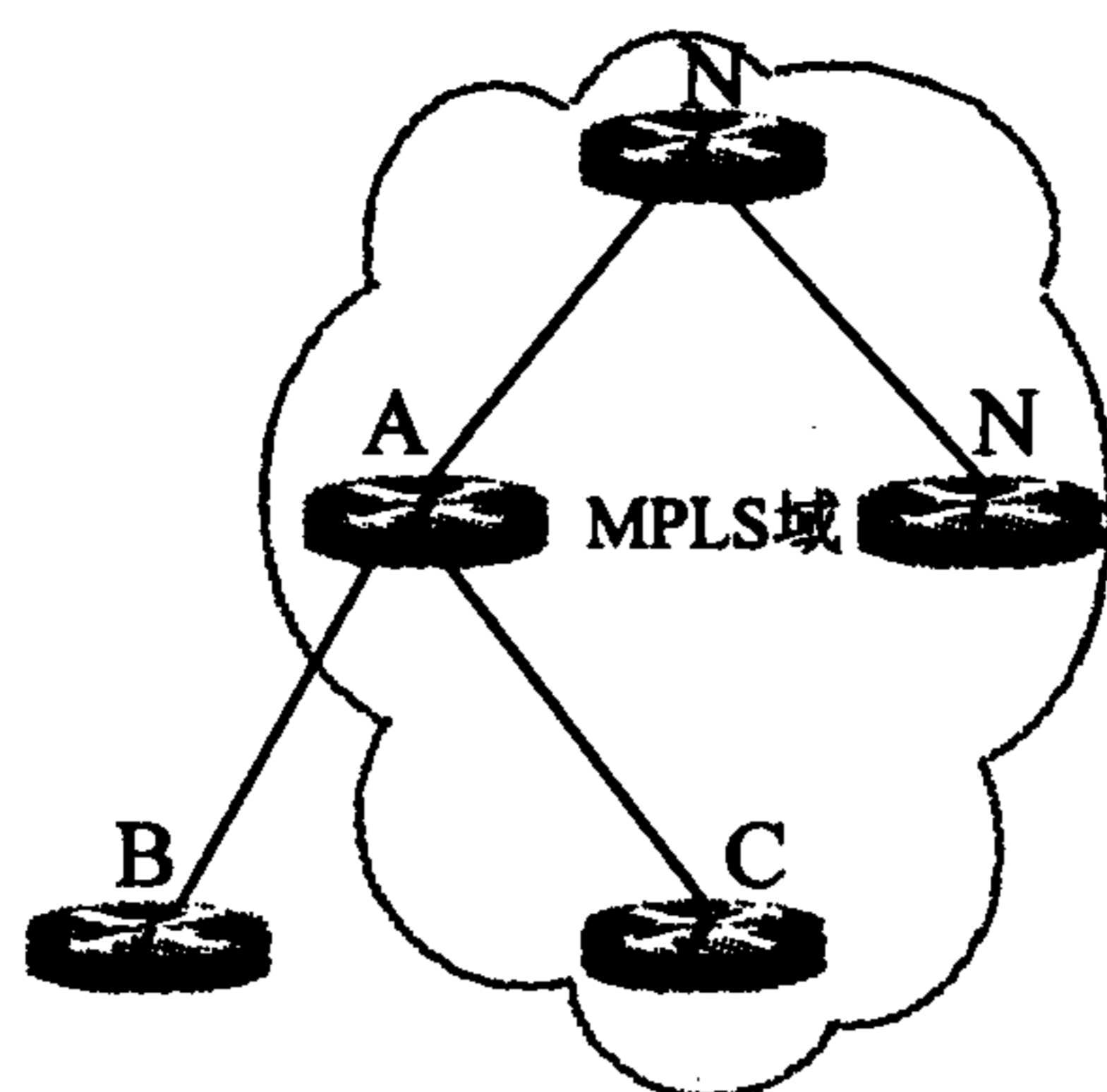


图8 二层/三层混合转发

## 9 IP 组播 LSP 的触发

IP组播LSP的建立可以被不同的事件触发, 主要有三种: 请求驱动、拓扑驱动和流量驱动。

a) 请求驱动: 侦听发送和接收的控制消息(如组播路由消息, 资源预留消息等), 触发LSP的建立。

b) 拓扑驱动: 将通过组播路由协议生成的三层组播树映射成二层组播树。在网络中没有流量时也同样建立组播LSP。

c) 流量驱动: 当LSR收到特定的组播业务流时, 进行三层组播树到二层组播树的映射。

### 9.1 请求驱动

LSP的建立的触发可以通过窃取入口控制消息(要求标签是由上游LSR请求的)和出口控制(要求标签是下游LSR请求的)消息。图9描述了这两种情况。下游的LSR (LSRd) 发送一个控制消息到上游 LSR(LSRu)。在窃取入口控制消息时, LSRu侦听到控制消息, 其MPLS模块触发建立一条LSP, 于是它发送LDP标签绑定消息(上游主动模式)或者LDP标签绑定请求消息(下游按需模式)给LSRd。在当前组播协议中, 我们可以识别两种重要的控制消息类型: 组播路由消息和资源预留消息。

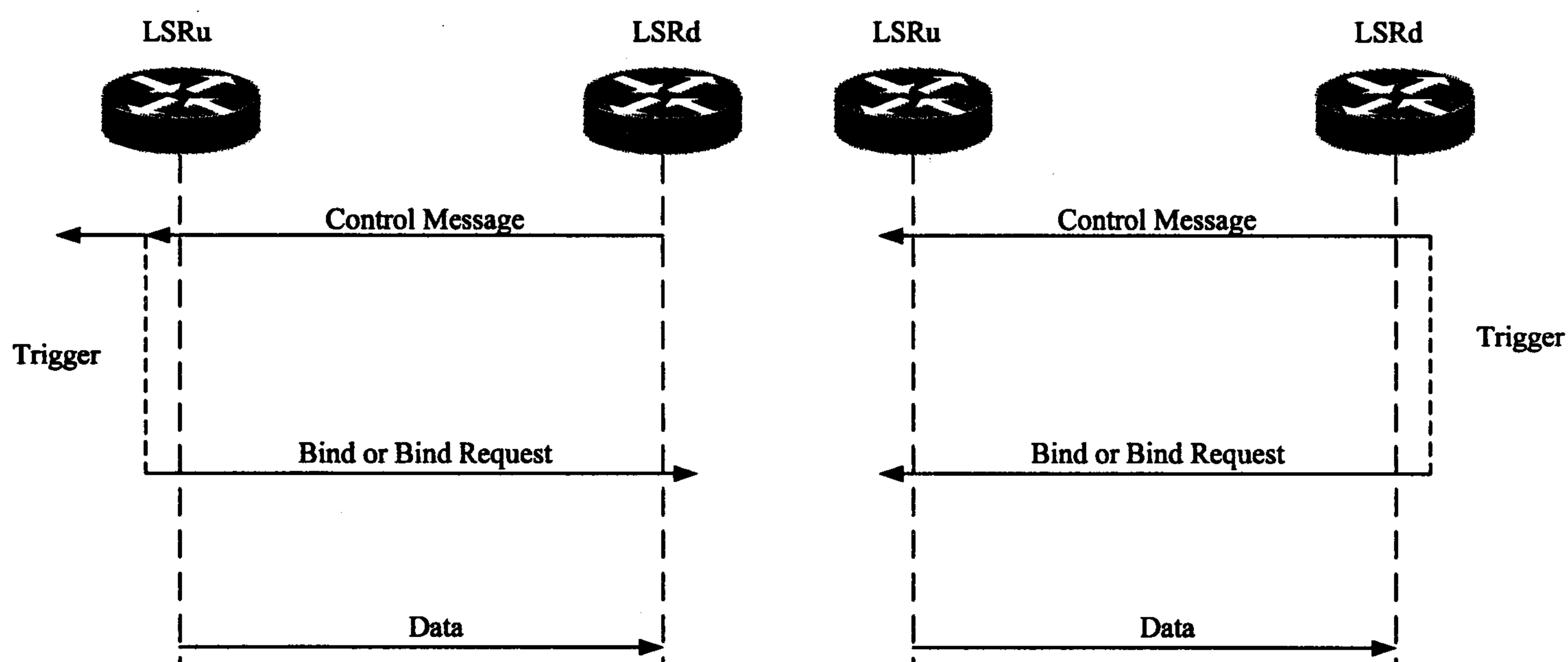


图9 请求驱动的两组报文过程

组播路由消息适用于发送显式信令的组播路由协议, 如PIM-SM和CBT(Core Based Tree, 简称CBT)。如果DVMRP和PIM-DM也需要支持此种触发方式, 则需要修改这些IP组播路由协议。



IP组播路由消息可以工作在软状态和硬状态，其中PIM-SM工作在软状态，CBT工作在硬状态。对工作在软状态的PIM-SM，则需要更多的控制协议报文来维护组播树，从而MPLS模块需要更多的处理。

采用组播路由控制消息驱动，组播路由模块需要使用三层组播路由来计算组播树；MPLS模块同样需要利用三层组播路由计算出同样的组播树，映射成二层LSP。如此同一任务（指利用三层组播路由进行计算）被运行两次，不如直接使用组播路由表来计算组播LSP。如果支持(\*, G)和(S, G)树之间的切换，由于更多的消息需要被窃取解析，计算会变得更加复杂。如果路由器直接连接主机，则不仅需要窃取组播路由消息，还需要对IGMP Join/Prune消息进行窃取解析。

资源预留消息则是利用RSVP中的Resv消息来触发LSP的建立。组播源发送RSVP Path消息，接收者以Resv消息作为回应。RSVP在组播中有良好的可扩展性，因为：

- a) RSVP的Resv消息可以合并；
- b) RSVP的Resv消息只建立到需要资源预留的第一个分支。

## 9.2 拓扑驱动

组播路由模块负责维护组播路由表（MRT），MPLS模块负责把三层组播树的拓扑结构映射到二层点到多点标记交换路径上。

MPLS模块可以访问组播路由模块的MRT以获取组播路由拓扑信息，生成相应的组播FEC条目；若组播路由发生增加、更新、删除等变化，组播路由模块直接通知MPLS模块，以触发其对对应组播FEC条目的增加、更新、删除等处理；MPLS协议处理模块针对各个组播FEC的变化分别进行对应LSP的创建、更新或删除等处理，形成并管理维护这些LSP的标签转发条目。通过这一系列处理可以完成基于IP组播拓扑结构的MPLS组播树的建立过程。

## 9.3 流量驱动

流量驱动方式只有在有流量的树上建立LSP，由于仅仅在有流量的组播树上才消耗标签，所以消耗比较少的标签。

如果不支持二层/三层混合转发，则流量驱动方式需要一个上游请求的标签分发模式。如图10所示，

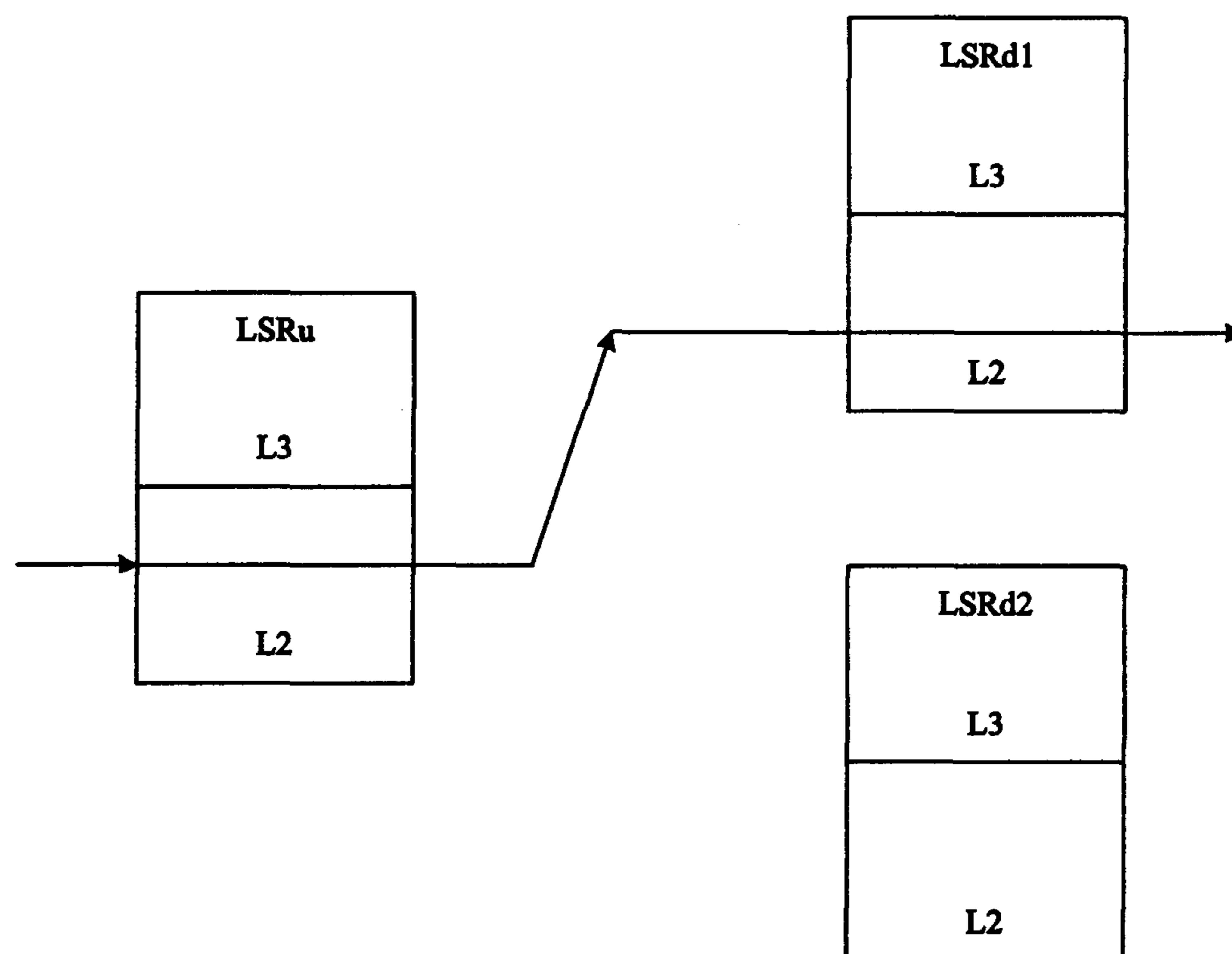


图10 LSRu必须请求标签

从LSRu到LSRd1已经存在一条LSP，另一个LSRd2想要加入这颗树。LSRd2要触发LSP的建立，必须要从树上收到流量，这可以通过二层或者三层转发的方式获得。但是由于不支持二层/三层混合转发，如果通



过三层发现组播流，但是发现组播流又需要二层的功能；如果通过二层发现组播流，但是这个时候，LSP还没有建立。从而为了通过三层组播流来触发LSP的建立，LSRu需要支持二层/三层混合转发功能。

#### 9.4 触发机制和标签分发模式的关系

表2列出了有效的标签分发模式和LSP建立触发机制之间的绑定关系。“X”表示LSR支持二层/三层混合转发功能时，这个组合是有效的。

表2 标记分发驱动方式比较

	标签请求的设备			
	LSRu		LSRd	
	上游自主	下游按需	下游自主	上游按需
请求驱动 (入口消息窃取)	X	X		
请求驱动 (出口消息窃取)			X	X
拓扑驱动	X	X	X	X
流量驱动	X	X	(X)	(X)

## 10 Piggy-backing

从图9的窃取出口消息方式可以看出，基于请求驱动的方式，有两个独立的信令消息（组播路由消息和MPLS标记分发消息）。可以通过Piggy-backing的方式，将标签分发消息集成在控制消息中。组播有两种控制消息，分别如下：

a) 组播路由消息：对于如PIM-SM和CBT等有显式加入消息的组播协议，标签请求和映射可以集成在组播控制消息中。对于没有显式加入消息的组播协议，需要对组播协议进行扩展。

b) RSVP Resv消息：RSVP可以扩展一个标签映射对象，从而集成到控制消息中。

如果使用Piggy-backing，则组播路由的分发和标签的分发是完全同步的，同时最小化了组播路由的建立和标签映射之间的时间间隔；在Piggy-backing中标签分发所需要的控制报文量，和组播路由控制报文量相等。

Piggy-backing在使用中，需要注意如下几点：

a) 在PIM-DM模式中，没有控制消息可以集成标签分发消息，可以增加周期性的消息来进行标签分发，但是这给PIM-DM组播路由带来负担。

b) 在组播(S,G)(\*,G)状态共存情况下，不能使用piggy-backing。

c) Piggy-backing在需要支持多种组播路由协议的情况下，需要对组播协议进行扩展。特别是如果把LDP的其他功能（如发现机制）也使用组播协议来承载，则就需要对组播协议进行更多的扩展；

d) Piggy-backing是建立在下游自主分发的基础上的。

e) LDP本来运行在TCP之上，以保证消息的可靠性。Piggy-backed的标签分发方式代替了这种可靠的通信机制，使用周期性重新分发这种软状态来保证，从而也增加了控制报文。

f) 如果需要进行VCID的通告，不能通过piggy-backing来完成，因为一般VC后于组播路由建立；从而需要额外的握手消息来完成VCID的通告。

Piggy-backing是MPLS组播解决方案中可选的一个组件。



## 11 显式路由

组播显式路由是指：使用另一棵LSP树来覆盖由组播路由协议产生的组播树。在这种情况下，以“最优路径”为基础的组播路由协议可以不再需要，标签分发的路径由显式路由决定。

## 12 QoS/CoS

### 12.1 DiffServ

区分服务的解决方案可以很好地应用在组播上，它提供了更细的组播流粒度（DSCP可以作为一个额外的服务区分点），组播源可以建立多棵拥有不同DSCP的组播树。当使用流量驱动触发LSP建立时，可以使用（S, G, DSCP）或者（\*, G, DSCP）来建立LSP树。如果组播树的建立机制没有将DSCP作为树建立时需要的参数，这些LSP仍然会使用相同的路径传输组播流，DSCP在组播树建立过程中不会生效。

### 12.2 IntServ 和 RSVP

RSVP可以用来建立具有QoS保证的组播树。组播中需要解决的问题是：如何将不同种类的接收者映射到二层LSP树上。这个问题在[IETF RFC 2382]中有所解决。实际的解决方案有两个模型：限制的异种类模型，允许尽力而为服务和一种可选的QoS服务；同种类模型，允许一种QoS服务。

限制的异种类模型为每一种服务类别都建立组播树，组播流发送者需要在网络上发送两次，一次在尽力而为的树上，一次在QoS树上。这两种树类型都可以使用MPLS进行传输。

同种类模型只建立一棵树，需要尽力而为服务的用户连接在有QoS的树上。如果尽力而为服务的组播分支不是标签交换的，则需要QoS的流量汇聚到默认的LSP上。如果支持二三层混合转发，则可以提供这样的功能；如果不支持二三层混合转发，则需要流量合并，以避免切换回三层转发。

## 13 多接入网络

多接入网络（Multi-Access Networks）上的MPLS组播，提出了特殊的问题。在多接入网络中，一个LSR如果要加入一个组，则需要接受一个已经分配给这个组的标签。通过下面三种方式可以解决这个问题。

1) 在多接入网络上，不管此LSR是否被加入组或者为DR，所有的LSR都保留了分发的标签信息。如果在多接入网络上新加入一个LSR，则新的LSR可以从链路上别的LSR重新获得标签信息，或者通过标签分发的软状态，间隔某段时间后从新的标签分发消息获得标签。如果此LSR拥有最高的IP地址，而需要分配标签，则其他LSR需要回收先前的标签。

2) 每个LSR有其自己的标签空间。如果一个LSR加入多接入网络，需要重新协商标签空间，可能导致现有的LSP被拆除重建。

3) 一个多接入网络，只有一个承担分配标签任务的LSR，其他LSR可以通过标签请求的方式从分配标签的LSR获得标签。

组播流一般会存在多个下游LSR，每个下游LSR需要使用相同的入标签进行数据转发。多接入网络中的标签分发方式有下面两种：

1) 使用组播的方式进行标签分发，由于组播是不可靠的机制，需要周期性地标签分发。

2) 与每一个LSR都建立可靠的连接，如TCP，通过这个可靠连接进行标签的分发。这种方式下，LDP的硬状态需要维护，但是在链路上标签分发报文会有多份复制。



LSP在生命期比较长的情况下才比较有意义，同时如果共享链路上的LSR数目比较有限，从而推荐使用方法二进行标签的分发。

在多接入网络中标签的上下游分发方式，从以下几方面进行考虑。

从组播流的传输来看，因为组播树中只有一个上游节点，可以为FEC分配一个唯一的标签，所以采用上游标签分发更加合适。如果使用下游分发，可能会面临多个下游，而每个下游分配不同的标签，从而还需要一定的处理机制，以分辨出唯一一个可以使用的标签。上游标签分发的具体方式，不在本部分标准范围之内。

## 14 其他问题

### 14.1 TTL 域

IP 报文头中的 TTL 值是用来进行环路检测的。在 IP 组播中使用 TTL 值来限制组播数据传输的范围。对于不支持 TTL 递减功能的 LSR（如 ATM LSR），则无法实现这种功能。在单播 LSP 中，TTL 值可以在 Ingress 或者 Egress 节点递减。在组播中，不同树枝可能有不同的长度，所以 TTL 值只能在 egress 节点递减。如果 TTL 值变为零或者负值，则存在潜在浪费带宽的情况。

### 14.2 独立和有序标签分发方式

当前标签分发方式都是为单播定义的，下文将描述在组播中的应用。

在独立标签分发方式中，每个 LSR 可以发起标签的映射。在有序标签分发中，LSR 只有在收到下一跳发送的标签映射消息，才能发起标签映射消息。

上述所有的 LSP 建立触发机制都可以使用独立的标签分发方式。在请求驱动中，标签分发使用独立控制标签分发模式，则仍然类似于有序标签分发方式，即控制消息从 Egress 节点一直向上游发送，标签分发的顺序和有序标签分发是一样的。

在数据流驱动模式下，如果 LSR 不支持 L2/L3 混和转发，则不能使用有序方式进行标签分发。根据表 2，标签分发由上游请求触发，如图 11 所示，已经存在的 LSP 为 S-A-N-N-R1，现在需要建立到 R2 的新分支。B 只有在从 B-C 链路上收到标签映射后，才会向 A 发送标签映射消息，但是要在 B-C 链路上触发分发标签，需要从 A-B 链路上先收到组播数据流。从而在 LSR 不支持 L2/L3 混和转发的情形下，不能使用有序方式进行标签分发。

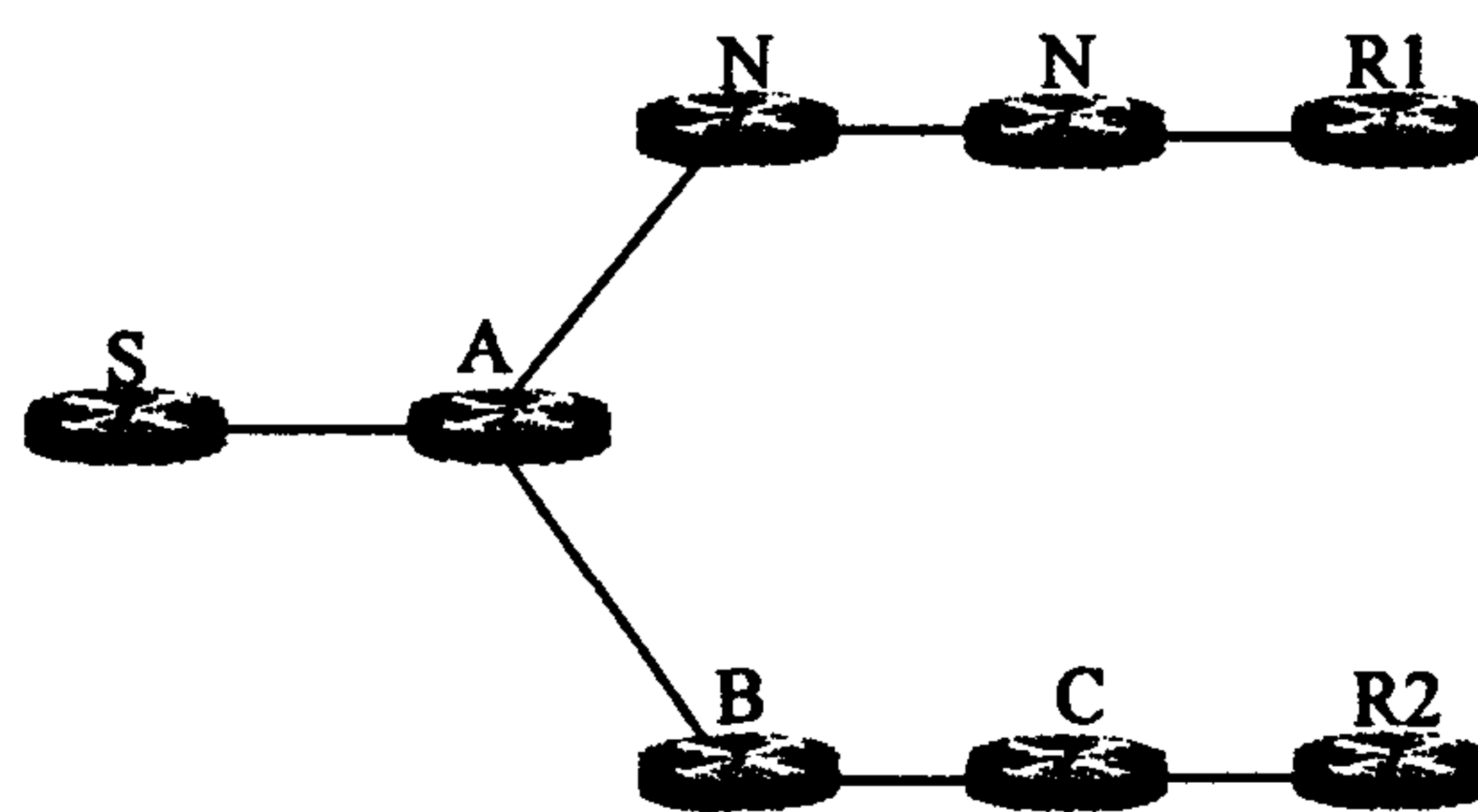


图11 在现有LSP基础上，增加到R2的分支示意

### 14.3 保守和自由的标签保持方式

保守标签保持方式中，只有FEC的下一跳对应的LSR分发的标签才进行分发和维护，此标签同样用于数据转发。在自由标签保持方式中，标签向所有邻居进行分发和维护，不是FEC的下一跳对于的LSR发送的标签同样被保持和维护。自由模式不适合在组播中使用，原因如下：

- 1) 不是所有的LSR对某个组播FEC都需要有路径分支，这一点和单播不同。



2) 在组播中, LSR通常知道向哪些邻居发送标签请求和标签映射消息。而在单播的下游自主标签分发方式中, LSR不知道向哪些邻居发送标签映射消息(因为无法知道FEC的上一跳地址), 从而只能向所有邻居都发送了标签映射消息。另外使用自由标签保持方式还需要额外的状态维护和更多的标签资源。

表3显示了在单播和组播中, 不同LSR对标签请求消息发送方向的感知情况。

表3 LSR对下一跳和上一跳的感知情况

	标签请求的设备	
	LSRu	LSRd
单播	是	否
组播	是	是

在单播的上游自主和下游按需模式中, 上游LSR可以决定向哪一个下游LSR发送标签请求, 但是其下游LSR并不知道其上一跳, 并且下一跳和上一跳并不是完全对称的, 即A-B的路径和B-A的路径并不一定是相同的, 这种情况出现在非对称链路和等开销链路中。

在组播中, LSR同时知道上一跳和下一跳, 因为组播树是根据反向最短路径来建立的, 上一跳就是到组播源或者根节点的下一跳。

#### 14.4 上游和下游标签分配方式

上游标签分配方式包含上游按需标签分配方式和上游自主标签分配方式。下游标签分配方式包含下游按需标签分配方式和下游自主标签分配方式。

采用下游标签分发方式, 和单播中使用的模式相同, 从而不需要开发上游分发模式; 在多接入网络中, 如果路由改变造成上游LSR发生变化, 不需要重新分配标签; 同时下游标签分发方式可以和piggy-backing兼容。

采用上游标签分发方式, 在多接入网络中, 标签分配更加方便和容易; 当下游LSR离开组播网络时, 标签可以被保留而不需要重新分配; 在数据流驱动LSP触发的方式中, 上游隐式的标签分发模式可以快速建立LSP。

本部分不指定使用上游分发模式还是下游分发模式, 协议扩展的复杂度和操作的复杂度, 会影响具体分发模式的选择。

#### 14.5 显式和隐式的标签分发方式

隐式的标签分发使用未知标签进行分发, 这个方法有上游标签分发的所有优点, 同时对于流驱动来说, 可能是最快的标签分发方式。如果已经有显式分发的FEC标签绑定, 则隐式标签分发的方式不能再使用。显式分发方式允许通过拓扑驱动预先建立LSP, 或者为请求消息触发LSP的建立。

## 15 安全

MPLS网络中的组播安全问题, 仍然集中在MPLS协议和组播协议的安全方面, 本文所描述的协议不适合跨域的方式。组播协议方面可能包含加入认证、黑洞、流量拒绝等。在MPLS网络方面, 控制消息触发二层资源分配(如LSP), 如果现有协议中的安全缺陷仍然存在, 则可能存在更严重的DoS攻击。在由显式路由建立的树中, 网络节点间的控制消息需要有认证机制, 以确保安全。



广东省网络空间安全协会受控资料

中华人民共和国  
通信行业标准

基于多协议标记交换(MPLS)的组播技术要求  
第1部分：MPLS网络中的IP组播业务技术要求

YD/T 2317.1-2011

\*

人民邮电出版社出版发行  
北京市崇文区夕照寺街14号A座  
邮政编码：100061

\*



广东省网络空间安全协会受控资料

中华人民共和国  
通信行业标准

基于多协议标记交换(MPLS)的组播技术要求  
(第 1~4 部分)

\*

人民邮电出版社出版发行

北京市崇文区夕照寺街 14 号 A 座

邮政编码: 100061

宝隆元(北京)印刷技术有限公司印刷

\*

开本: 880 × 1230 1/16

2012 年 1 月第 1 版

印张: 6.25

2012 年 1 月北京第 1 次印刷

字数: 139 千字

ISBN 978 - 7 - 115 - 2327 / 11 - 278

定价: 65 元