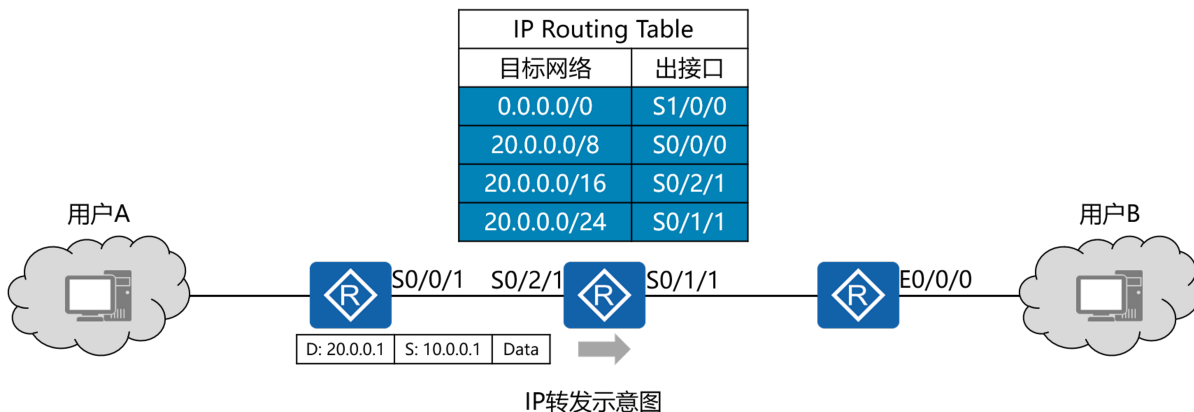


MPLS技术基础

一、MPLS的起源

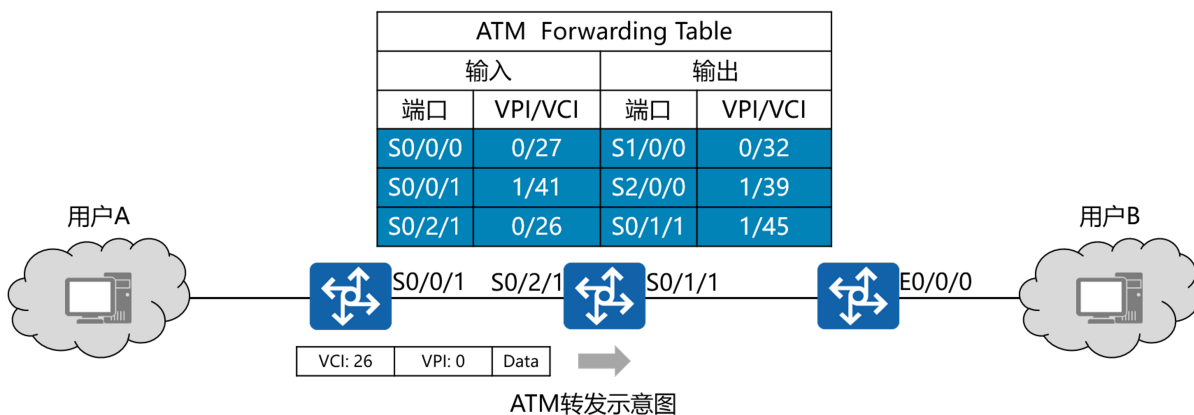
1、90年代初期，网络数据量日益增大，而受当时硬件技术限制，传统IP转发路由器日益成为限制网络转发性能的瓶颈



1.1、IP转发采用最长匹配，需多次查表，算法效率低下

1.2、路由器多采用通用CPU进行转发处理，性能有限

2、ATM技术复杂，且成本高昂，令人望而却步



2.1、ATM【Asynchronous Transfer Mode | 异步传输模式】指建立在电路交换与分组交换的基础上的一种交换技术

2.1.1、电路交换：即电话通讯的过程，其基本过程可分为连接建立、信息传送及连接拆除

2.1.2、分组交换【包交换】：将用户通信的数据划分成多个更小的等长数据段，在每个数据段的前面加上必要的控制信息作为数据段的首部，每个带有首部的数据段就构成了一个分组。首部指明了该分组发送的地址，当交换机收到分组之后，将根据首部中的地址信息将分组转发到目的地，这个过程就是分组交换

2.1.3、异步传输：指每一个字符独立形成一个【帧】进行传输，一个连续的字符串同样被封装成连续的【独立帧】进行传输，各个字符间的间隔可以是任意的

2.1.4、同步传输：不是独立地发送每个字符，每个字符都有自己的开始位和停止位，而是把它们组合起来一起发送。我们将这些组合称为数据帧，或简称为帧。数据帧的第一部分包含一组同步字符，它是一个独特的比特组合，类似于前面提到的起始位，用于通知接收方一个帧已经到达，但它同时还能确保接收方的采样速度和比特的到达速度保持一致，使收发双方进入同步。帧的最后一部分是一个帧结束标记。与同步字符一样，它也是一个独特的比特串，类似于前面提到的停止位，用于表示在下一帧开始之前没有别的即将到达的数据了

2.2、ATM转发采用唯一匹配，一次查表，效率高

2.3、ATM控制信令复杂，成本高昂，难以普及

二、隧道技术与MPLS

1、MPLS【Multiprotocol Label Switching，多协议标签交换】用一个短而定长的标签【32bit】来封装网络层分组，交换机或路由器根据标签值转发报文

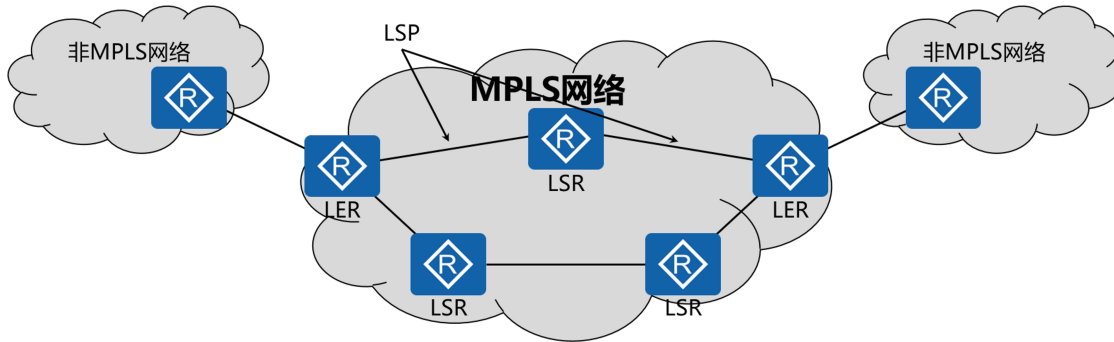
2、MPLS中的多协议是指：

2.1、MPLS可以承载在各种链路层协议上，如PPP、ATM、帧中继、以太网等

2.2、原理上各种报文也可以承载在MPLS之上，如IPv4/IPv6、也包括各种链路层报文：如ATM等

3、MPLS最早由Cisco开发，那时叫Tagging-Switching，而后被IETF开发为MPLS，至今已有25年历史，为运营商提供很多增值服务

三、MPLS网络组成

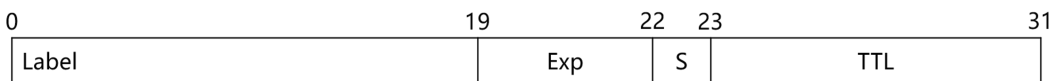


- 1、MPLS网络由多台支持MPLS技术的路由器组成，这些路由器被称之为LSR【标签交换路由器 | Label Switch Router】或者LER【标签边界路由器 | Label Edge Router】
- 2、MPLS网络与非MPLS网络可兼容，报文可在MPLS网络和非MPLS网络之间平滑过渡
- 3、LSR【Label Switching Router】：LSR是MPLS的网络的核心交换机或者路由器，它处于MPLS网络的内部。LSR提供标签交换和标签分发功能
- 4、LER【Label Switching Edge Router】：在MPLS的网络边缘，报文由LER进入或离开MPLS网络。它提供标签的映射、标签的移除和标签的分发功能
- 5、LSP【Label Switching Path，标签交换通道】：一个FEC的数据流，在不同的节点被赋予确定的标签，数据转发按照这些标签进行。数据流所走的路径就是LSP
- 6、FEC【Forwarding Equivalence Class，转发等价类】：FEC是在转发过程中以等价的方式处理的一组数据分组，可以通过地址、隧道、COS等来标识创建FEC

四、MPLS标签定义

- 1、MPLS标签【Label】是一个比较短的，定长的，通常只具有局部意义的标识【32bit】
- 2、MPLS标签通常位于报文的数据链路层封装头和网络层封装之间
- 3、路由器可以根据标签决定如何转发报文

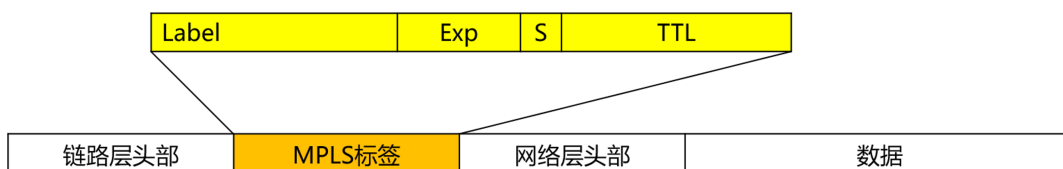
五、MPLS标签结构



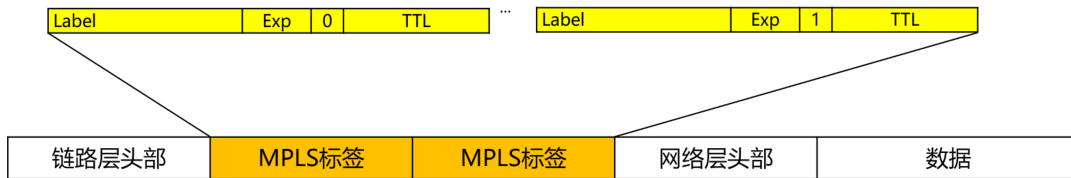
- 1、MPLS标签有4个字节，32个bits
- 2、MPLS标签分为4个区域，含义如下：
 - 2.1、Label：标签值，长度20b，是标签转发表的关键索引
 - 2.2、EXP：用于QoS，长度3b，作用与Ethernet 802.1p值相似
 - 2.3、S：栈底标识，长度1b，如果有多个Label时，在栈底的Label的S位置为【1】，其它为【0】，只有一个Label时S位置为【1】
 - 2.4、TTL：存活时间，长度8b，与IP报文的TTL值相似，这个值从IP报文头的TTL域拷贝过来，每进行一次Label交换时，外层Label的TTL值就减【1】

六、MPLS标签的位置

- 1、MPLS标签位于链路层和网络层之间

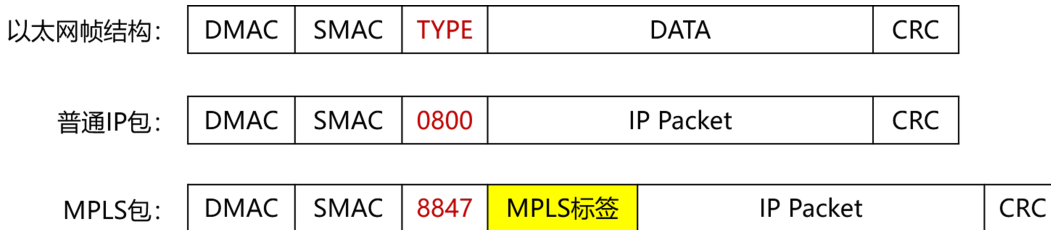


2、通过MPLS标签的S值可以实现多层MPLS标签嵌套



七、MPLS标签的标识

- 1、MPLS协议通过在报文的链路层报文头中进行标识，使得路由器能够识别MPLS报文
- 2、如在以太网中：指示上层协议的TYPE字段使用0x8847来表示承载的是MPLS报文【0800是IP报文】



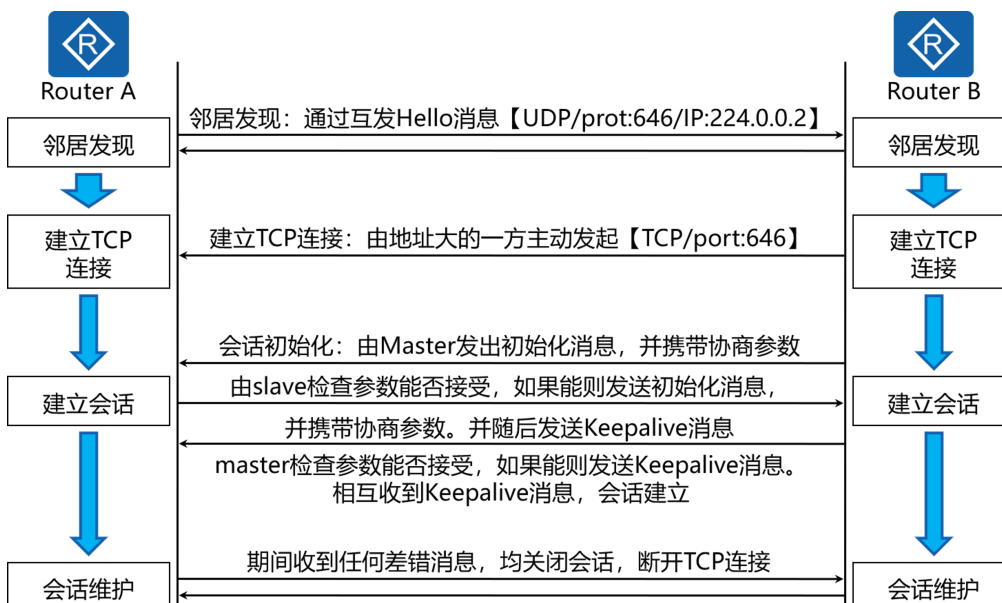
八、标签分配协议的分类

- 1、标签分配协议，用于在LSR之间分配标签，建立LSP：
 - 1.1、LDP
 - 1.2、RSVP – TE
 - 1.3、MBGP【BGPv4 plus】
- 2、LDP – Label Distribution Protocol | 标签分配协议【RFC3036】，因为它实现简单可靠，逐渐成为MPLS网络中应用最为广泛的标签分配协议之一

九、LDP消息类型

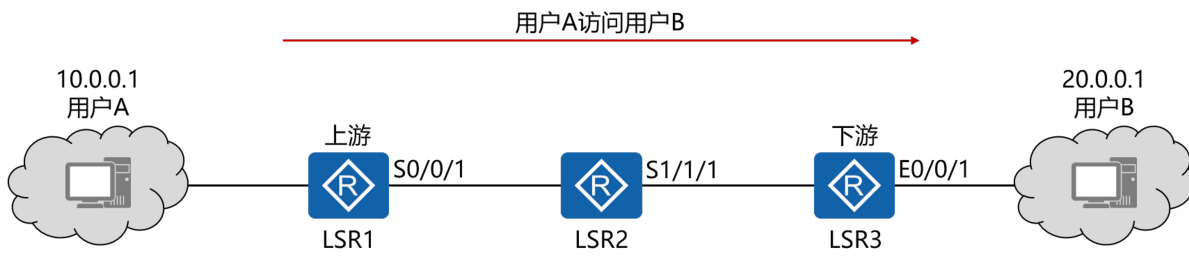
- 1、在LDP协议中，存在4种类型的LDP消息：
 - 1.1、发现消息【Discovery messages】：用于LDP邻居的发现和维持
 - 1.2、会话消息【Session messages】：用于LDP邻居会话的建立、维持和中止
 - 1.3、通告消息【Advertisement messages】：用于LDP实体向LDP邻居宣告Label、地址等信息
 - 1.4、通知消息【Notification messages】：用于向LDP邻居通知事件或者错误

十、LDP会话的建立与维护



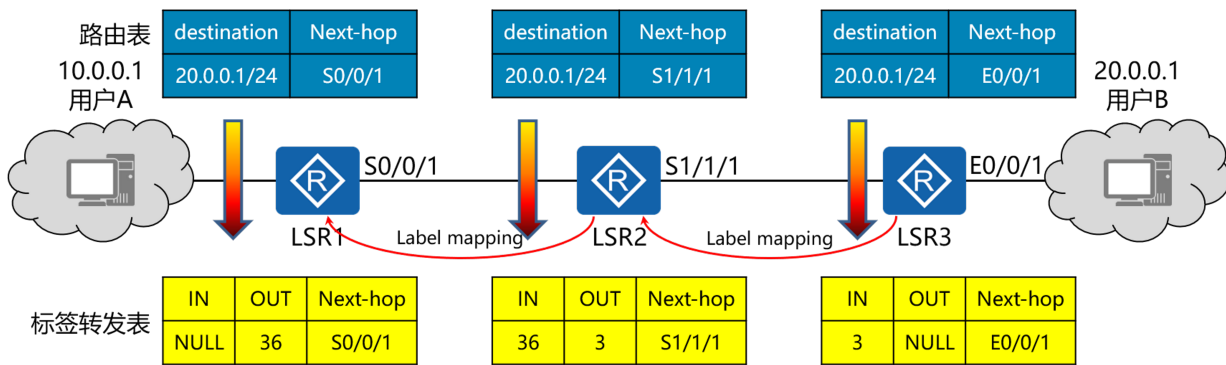
协商参数包含：LDP版本号、Keepalive时间（180s）、标签分配方式、PDU长度：默认为4096Byte

十一、上游与下游



设备的上下游，与数据转发的方向相对，数据先到达的地方是上游，后到达的地方是下游

十二、标签分配过程

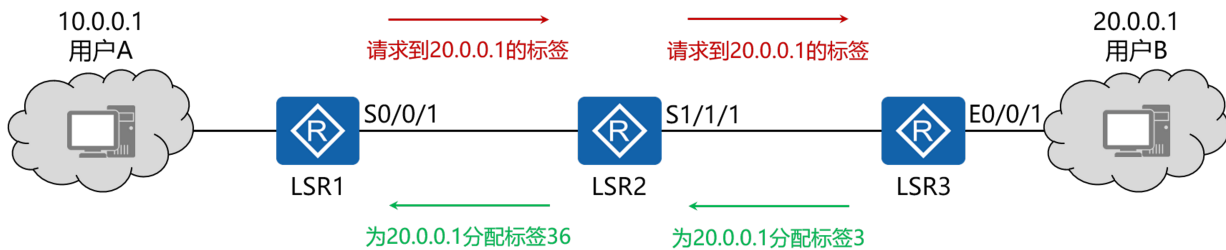


- 1、LDP session建立完成后，路由器根据路由表进行标签分配，形成MPLS标签转发表
 - 2、标签转发表主要包含入标签【IN】、出标签【OUT】和出接口，路由器可以根据标签转发表转发MPLS报文
 - 3、标签是设备随机自动生成的，16以下为系统保留
- 注：
 只要是最后一台路由器，那么它给其上游分配的标签就是3【3叫做隐式空标签】，这里包含个技术叫PHP【倒数第2跳弹出】
 16以下保留给系统使用【0叫做显式空标签；1叫做路由器报警标签】

十三、标签分配与管理

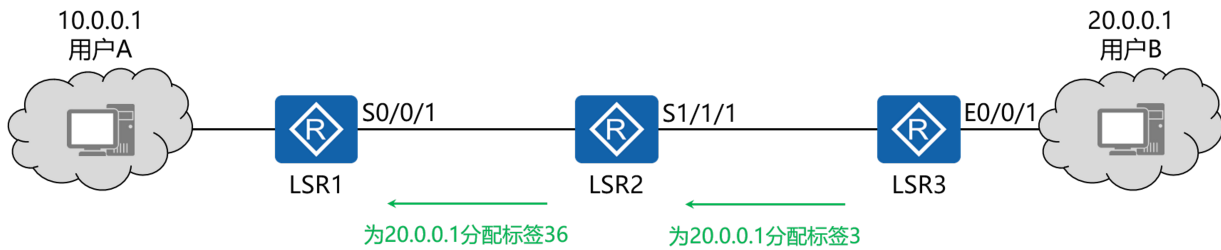
1、标签分配模式

1.1、DOD【downstream-on-demand, 下游按需标记分配】



上游LSR先向下游LSR发送标签请求消息【包含FEC的描述信息】
 下游LSR收到标签请求后为此FEC分配标签，并将分配的标签通过标签映射消息反馈给上游LSR

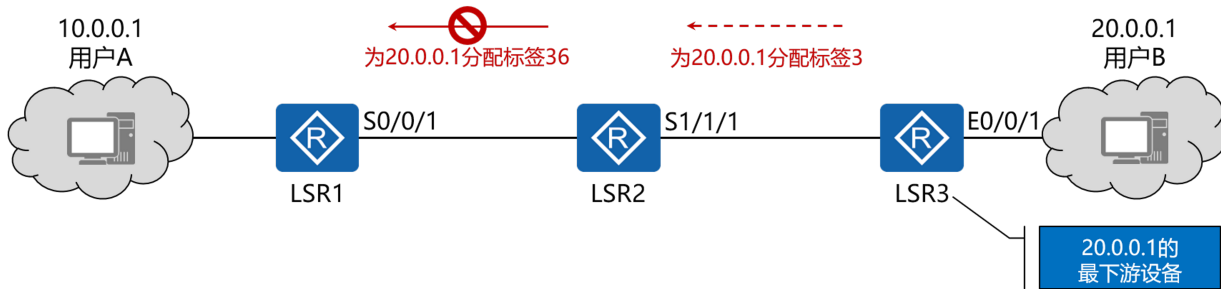
1.2、DU【downstream unsolicited, 下游自主标记分配】



下游LSR在LDP会话建立成功，主动向其上游LSR发布标签映射消息，无需等待上游请求【默认模式】

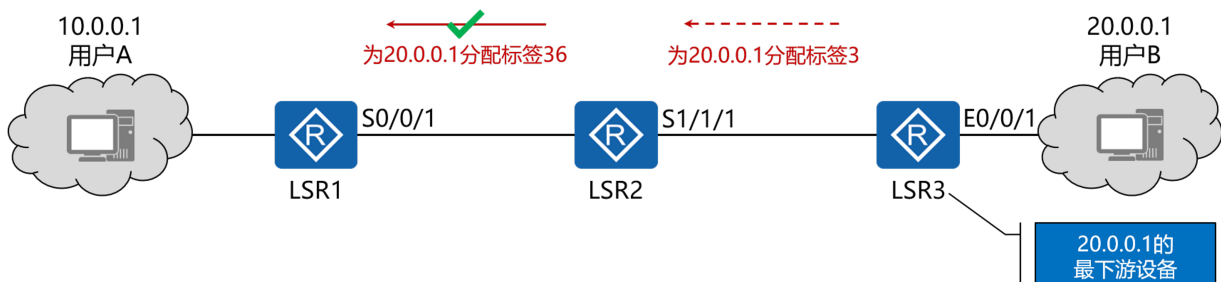
十四：标签控制模式

1、有序方式【Ordered】



只有对于该路由的最下游设备可以按照DU或者DOD的标签分发规则直接为该路由分发标签
上游设备只有收到它的下游返回的标签映射消息后才向其更上游发送标签映射消息

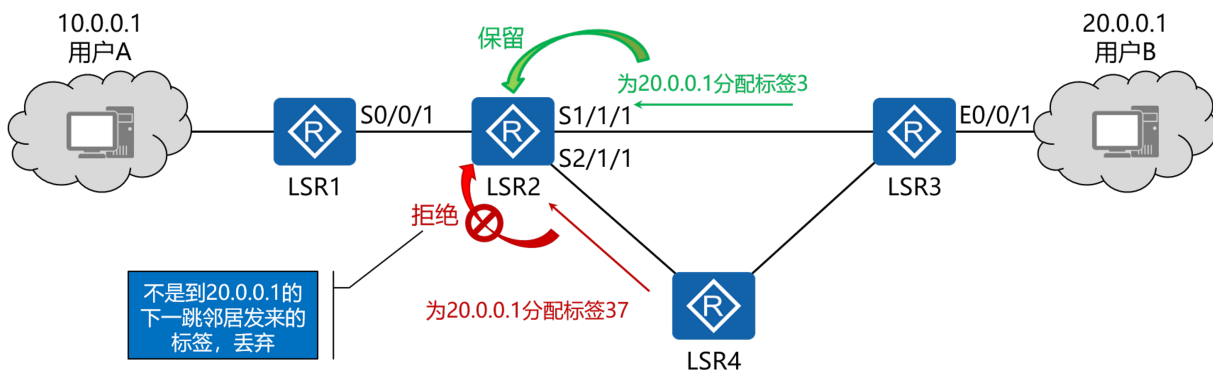
2、独立方式【Independent】



不论有没有收到其下游返回的标签映射消息，都立即向其上游发送标签映射消息

十五、标签保持方式

1、保守模式【Conservative】

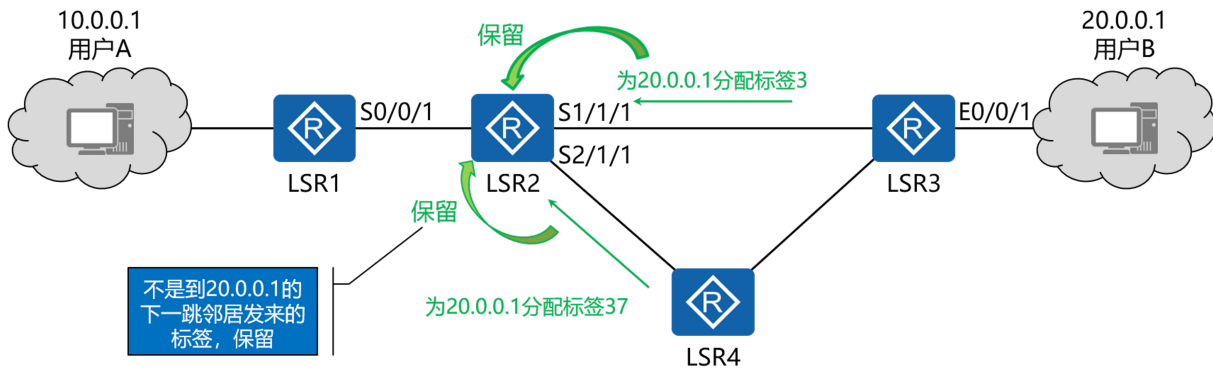


只保留来自下一跳邻居的标签，丢弃所有非下一跳邻居发来的标签

优点：节省内存和标签空间

缺点：当IP路由收敛、下一跳改变时LSP收敛慢

2、自由模式【Liberal】

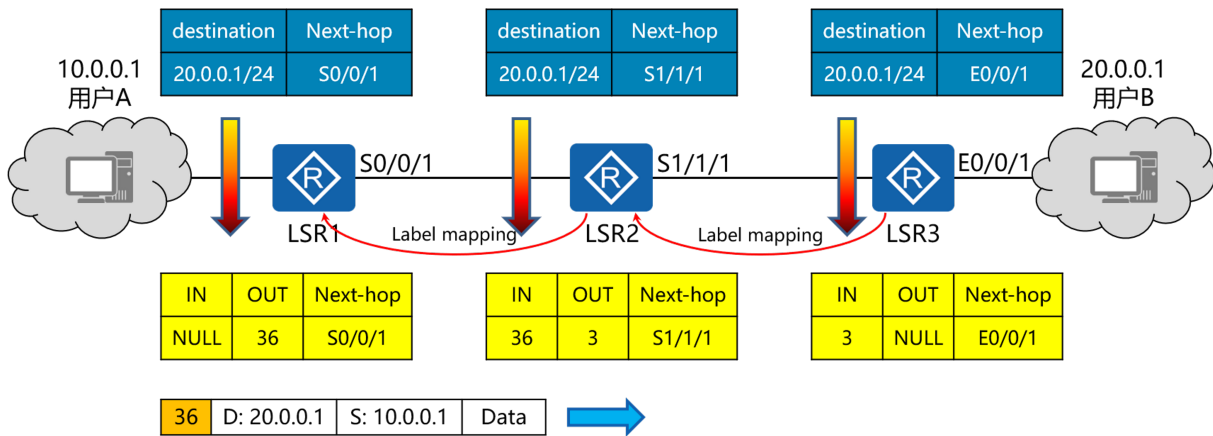


保留来自邻居的所有标签

优点：当IP路由收敛、下一跳改变时减少了LSP收敛时间

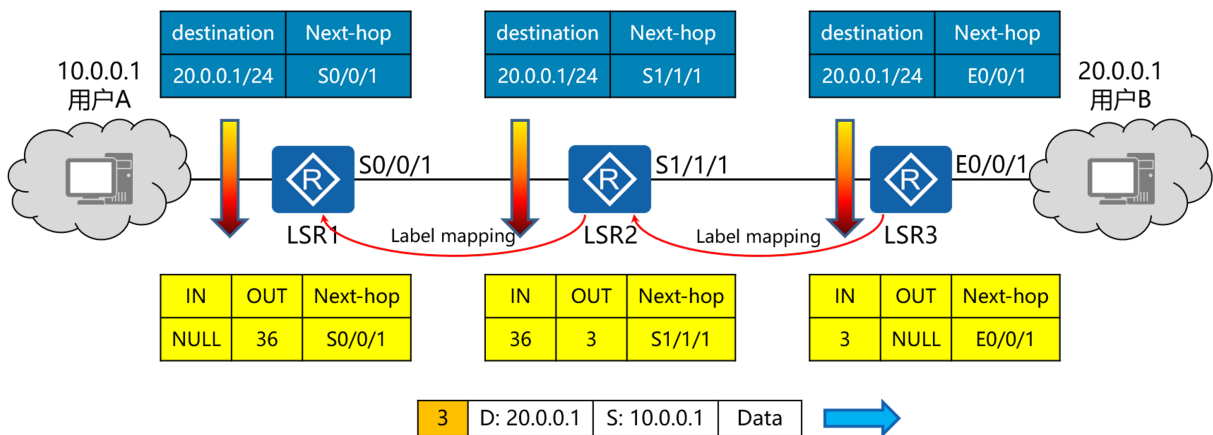
缺点：需要更多的内存和标签空间

十六、标签PUSH



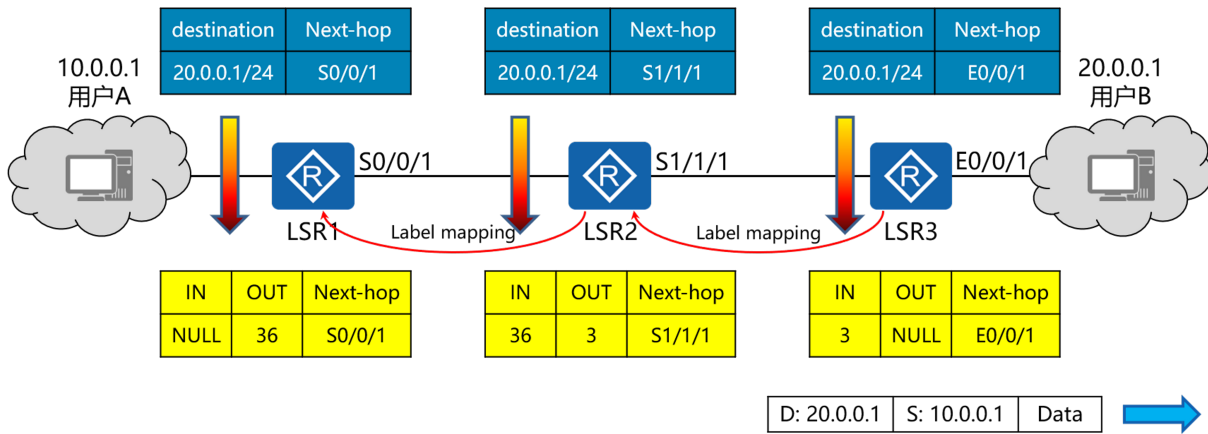
报文进入MPLS网络，LER设备【LSR1】发现报文的目的IP地址有与其关联的标签转发表项，遂进行压标签【PUSH】操作

十七、标签SWAP



报文在MPLS网络中间进行转发时，在LSR2上进行标签交换【SWAP】，设备只需查询标签转发表即可完成报文转发

十八、标签POP



报文在转出MPLS网络时，LSR3发现自己为该LSP的最下游设备，完成弹出标签【POP】操作

十九、MPLS的实际应用

1、随着硬件技术的进步，采用ASIC【应用专用集成电路】和NP【网络架构】进行转发的高速路由器和三层交换机得到广泛应用，使得IP转发性能大为提高，可以满足网络数据转发性能需求。MPLS技术在提高转发性能应用上未能发挥优势

2、但MPLS支持多层标签嵌套和面向连接的特点，使得其在VPN、流量工程【TE】、QoS等方面得到广泛应用

注：NP【网络架构】：通过转/控分离的方式，提高路由器的转发效率