



**HUAWEI NetEngine80E/40E 路由器**  
**V600R003C00**

**特性描述-广域网接入**

文档版本 02  
发布日期 2011-09-10

版权所有 © 华为技术有限公司 2011。保留一切权利。

非经本公司书面许可，任何单位和个人不得擅自摘抄、复制本档内容的部分或全部，并不得以任何形式传播。

## 商标声明



HUAWEI和其他华为商标均为华为技术有限公司的商标。

本档提及的其他所有商标或注册商标，由各自的所有人拥有。

## 注意

您购买的产品、服务或特性等应受华为公司商业合同和条款的约束，本档中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用范围之内。除非合同另有约定，华为公司对本档内容不做任何明示或默示的声明或保证。

由于产品版本升级或其他原因，本档内容会不定期进行更新。除非另有约定，本档仅作为使用指导，本档中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

## 华为技术有限公司

地址： 深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼 邮编： 518129

网址： <http://www.huawei.com>

客户服务邮箱： [support@huawei.com](mailto:support@huawei.com)

客户服务电话： 4008302118

# 前言

## 概述

本文档针对 WAN 特性，从简介、原理描述和应用三个方面介绍了 WAN 特性。

本文档与其它类型手册相结合，便于读者深入掌握特性的实现原理。

## 产品版本

与本文档相对应的产品版本如下所示。

| 产品名称                    | 产品版本        |
|-------------------------|-------------|
| HUAWEI NetEngine80E/40E | V600R003C00 |

## 读者对象

本文档主要适用于以下工程师：

- 网络规划工程师
- 调测工程师
- 数据配置工程师
- 系统维护工程师

## 符号约定

在本文中可能出现下列标志，它们所代表的含义如下。

| 符号   | 说明                                      |
|--|---|
|  危险 | 以本标志开始的文本表示有高度潜在危险，如果不能避免，会导致人员死亡或严重伤害。 |

| 符号   | 说明  |
|--|---|
|  警告 | 以本标志开始的文本表示有中度或低度潜在危险，如果不能避免，可能导致人员轻微或中等伤害。             |
|  注意 | 以本标志开始的文本表示有潜在风险，如果忽视这些文本，可能导致设备损坏、数据丢失、设备性能降低或不可预知的结果。 |
|  窍门 | 以本标志开始的文本能帮助您解决某个问题或节省您的时间。                             |
|  说明 | 以本标志开始的文本是正文的附加信息，是对正文的强调和补充。                           |

## 修订记录

修改记录累积了每次文档更新的说明。最新版本的文档包含以前所有文档版本的更新内容。

### 文档版本 02 (2011-09-10)

第二次正式发布，文档内容更新如下：

相对于上一版本无变更。

### 文档版本 01 (2011-05-30)

第一次正式发布

# 目录

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 前言.....                       | ii        |
| <b>1 ATM IMA.....</b>         | <b>1</b>  |
| 1.1 介绍.....                   | 2         |
| 1.2 参考标准和协议.....              | 2         |
| 1.3 特性增强.....                 | 3         |
| 1.4 原理描述.....                 | 3         |
| 1.5 应用.....                   | 7         |
| 1.6 术语与缩略语.....               | 9         |
| <b>2 帧中继.....</b>             | <b>11</b> |
| 2.1 介绍.....                   | 12        |
| 2.2 参考标准和协议.....              | 12        |
| 2.3 特性增强.....                 | 14        |
| 2.4 原理描述.....                 | 14        |
| 2.4.1 帧中继基本概念.....            | 14        |
| 2.4.2 LMI 协议.....             | 15        |
| 2.4.3 InARP 协议.....           | 20        |
| 2.4.4 帧中继的基本原理.....           | 21        |
| 2.4.5 帧中继子接口.....             | 23        |
| 2.4.6 帧中继压缩.....              | 25        |
| 2.4.7 帧中继 PVC 交换.....         | 26        |
| 2.4.8 帧中继交换 PVC 备份.....       | 26        |
| 2.4.9 帧中继 QoS.....            | 27        |
| 2.4.10 FRoIP.....             | 29        |
| 2.5 应用.....                   | 29        |
| 2.5.1 帧中继接入.....              | 29        |
| 2.6 术语与缩略语.....               | 30        |
| <b>3 HDLC 及 IP-Trunk.....</b> | <b>33</b> |
| 3.1 介绍.....                   | 34        |
| 3.2 参考标准和协议.....              | 34        |
| 3.3 特性增强.....                 | 34        |
| 3.4 原理描述.....                 | 34        |
| 3.4.1 HDLC 的操作方式.....         | 35        |

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| 3.4.2 HDLC 的帧格式.....                  | 36        |
| 3.4.3 HDLC 的帧类型.....                  | 37        |
| 3.4.4 IP-Trunk.....                   | 39        |
| 3.5 应用.....                           | 39        |
| 3.5.1 HDLC.....                       | 40        |
| 3.5.2 IP-Trunk.....                   | 40        |
| 3.6 术语与缩略语.....                       | 41        |
| <b>4 PPP 和 MP.....</b>                | <b>42</b> |
| 4.1 介绍.....                           | 43        |
| 4.2 参考标准和协议.....                      | 43        |
| 4.3 特性增强.....                         | 43        |
| 4.4 原理描述.....                         | 44        |
| 4.4.1 PPP 的运行过程.....                  | 44        |
| 4.4.2 PPP 的验证协议.....                  | 45        |
| 4.4.3 PPP 的报文压缩.....                  | 46        |
| 4.4.4 MP 的运行过程.....                   | 47        |
| 4.4.5 PPP 和 MP 在 NE80E/40E 的支持情况..... | 47        |
| 4.5 应用.....                           | 48        |
| 4.6 术语与缩略语.....                       | 48        |
| <b>5 1483B.....</b>                   | <b>49</b> |
| 5.1 介绍.....                           | 50        |
| 5.2 参考标准和协议.....                      | 50        |
| 5.3 特性增强.....                         | 51        |
| 5.4 原理描述.....                         | 51        |
| 5.4.1 报文结构.....                       | 51        |
| 5.4.2 1483B 在产品上的实现原理.....            | 52        |
| 5.5 应用.....                           | 53        |
| 5.5.1 基于接口的 1483B.....                | 53        |
| 5.5.2 基于 VLAN 的 1483B.....            | 53        |
| 5.6 术语与缩略语.....                       | 54        |

# 1 ATM IMA

---

## 关于本章

- 1.1 介绍
- 1.2 参考标准和协议
- 1.3 特性增强
- 1.4 原理描述
- 1.5 应用
- 1.6 术语与缩略语

## 1.1 介绍

### 定义

IMA(Inverse Multiplexing for ATM, ATM 反向复用)是在发送端将较高速的信元流(ATM Cell Stream)分布(Schedule & Distribute)到多个较低速的物理链路上传输,在接收端再将它们合并(Schedule & Recombine)到单一的信元流并递交到 ATM 层。从而提高带宽利用率,灵活选择复用带宽。

ATMoPSN(Asynchronous Transfer Mode over Packet Switching Networks)基于包交换网络的 ATM 电路,是 PWE3 中的一种业务仿真,通过 MPLS、Ethernet 等包交换网络完成 ATM 业务仿真,实现 ATM 业务在 PSN 网络的透传。主要有端口透传、1 to 1 VPC、1 to 1 VCC、n to 1 VPC 和 n to 1 VCC 五种透传方式。

### 目的

目前在移动运营商网络中,在汇聚节点部署大量的 ATM 交换设备,对基站的 155M ATM 和 IMA 进行端口和带宽的汇聚,ATM 交换机随着整体产业链的变化,成本高、扩展困难。

而随着核心网络 IP 化的趋势以及以太网技术在接入层设备的普及,以太网+IP 的解决方案无论是在成本上还是在资源利用率上都比传统的业务接入和承载方案更具有吸引力,因此运营商和用户都需要 ATM 业务的接入和承载向分组网络上迁移。ATMoPSN 就是解决这一问题的一个成熟的方案。

### 受益

运营商受益:

- 节省运营商网络建设和维护成本。
- 网络扩展灵活,提高带宽利用率。

用户受益:

无

## 1.2 参考标准和协议

本特性的参考资料清单如下:

| 文档  | 描述                              | 备注 |
|---|---------------------------------|----|
| RFC 4717  | Encapsulation for ATM over MPLS |    |
| Inverse Multiplexing for ATM(IMA) Specification Version 1.1 |                                 |    |

## 1.3 特性增强

无

## 1.4 原理描述

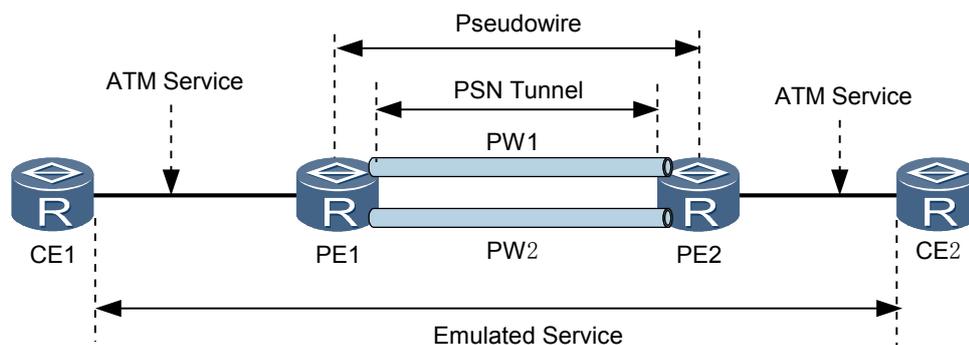
### IMA 基本概念

- ICP 信元  
ICP（IMA Control Protocol）是一种 IMA 的协商信元，它主要用于帧同步和在通信双方传递控制信息，如使用的 IMA 的版本，IMA 的帧长、对等体模式等。ICP 信元在某条链路上 IMA 帧内的偏移量是固定的，与普通信元一样，也由 5 字节的信元头和 48 字节的信元数据组成。
- Filler 信元  
在没有 IMA 子层的 ATM 参考模型中，速率解耦由 TC 子层的 IDLE 信元完成；在引入 IMA 子层后，速率解耦不可以由 TC 子层来完成，主要考虑帧同步的原因，因此，在 IMA 子层定义了 Filler 信元来完成速率解耦。当没有 ATM 信元可以发送时，发送端将发送填充（Filler）信元以维持物理层速率的连续性。
- 最小链路数  
IMA 组变为 Operational 工作状态时，所必须的最小 Active 链路数。如果由于 Link 故障，可能导致 Operational 状态的 IMA 组的 Active 链路，达不到用户配置的最小链路数，从而导致 IMA 组状态迁移，引起 IMA Down。两端该参数可以不一致，但是必须都各自满足自己的最小链路数，才能正常发送 ATM 信元。
- 差分时延  
由于 IMA 组的每条链路可能抖动和时延都不一样，导致了 IMA 组内的链路时延差的存在。如果 IMA 组内的相位的最大值和相位最小值之差，超过了用户配置的差分时延，IMA 组会把时延大的链路从 IMA 组的循环发送中移出，并通过 LCP 信元通知对端，该链路不可用。该链路通过对端重新协商，如果链路状态变为 Active，会再次加入 IMA 组的循环发送队列。

## ATMoPSN

ATM 业务透传的参考模型如图 1-1 所示。

图 1-1 ATM 业务透传参考模型



PSN 上的 L2 业务仿真，通过建立 PW，承载包、信元、比特流穿越公共或专用的包交换网络（PSN），在 PW 相连的两个 PE 点之间，试图仿真原始的 ATM 业务的行为。

外层标签 PSN Label，标识 PSN tunnel，内层标签 PW Header，标识 PW，二层连接的 ATM 信元是 PW 的净荷。

对于 ATM 透传业务，包括 PORT、VP、VC 三个级别，包括 N to 1、1 to 1、AAL5-PDU/AAL-SDU 四种封装方式，包括 cell 和 frame 两种透传模式，分别应用于不同的场合。

目前只支持端口透传、N to 1 VPC、N to 1 VCC、1 to 1 VPC、1 to 1 VCC。

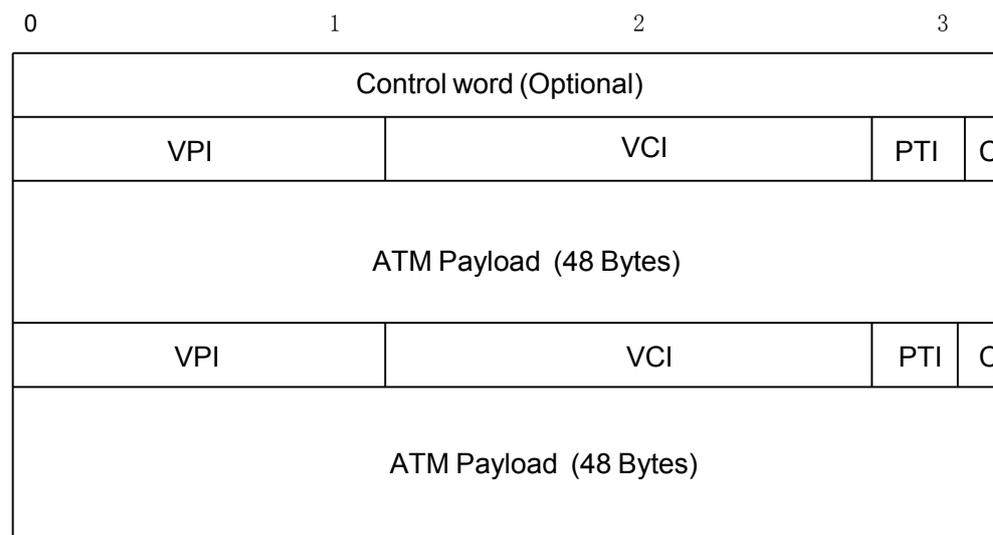
- 端口透传

基于端口的信元透传需要在 PW 承载的隧道报文中携带 VPI/VCI。此种应用是仿真连接两个远程 ATM 端口的专线，通过 PW 连接两个 CE 的 ATM 端口，而不需要在 VPC/VCC 层进行处理或者交换，将一个端口的所有 ATM Cell 都透传到对端。

- N to 1 VPC

一条 PW 承载多条 ATM VPC 的信元。隧道报文中包含 VPI/VCI，如图 1-2 所示。

图 1-2 N to 1 VPC 隧道报文

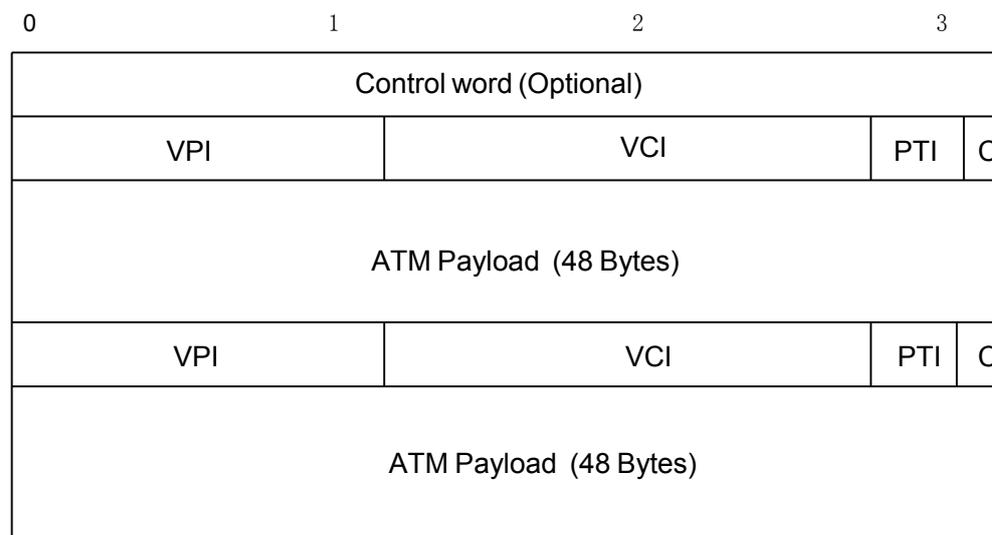


- N to 1 VCC

一条 PW 承载多条 ATM VCC 的信元，N to 1 VCC 信元透传隧道报文中包含 VPI/VCI。N to 1 VCC 方式在 PW 信元透传中必须支持。在 PE 和 CE 之间可以建立多条 VC 的连接，每条 VC 的传输都是独立于其他 VC 的。

此种封装支持同一个 ATM 子接口下的多条 VC 映射到一条 PW 中，不支持不同 ATM 接口下的多条 VC 映射到一条 PW 中，更不支持跨板的多条 VC 映射到一条 PW 中，如图 1-3 所示。

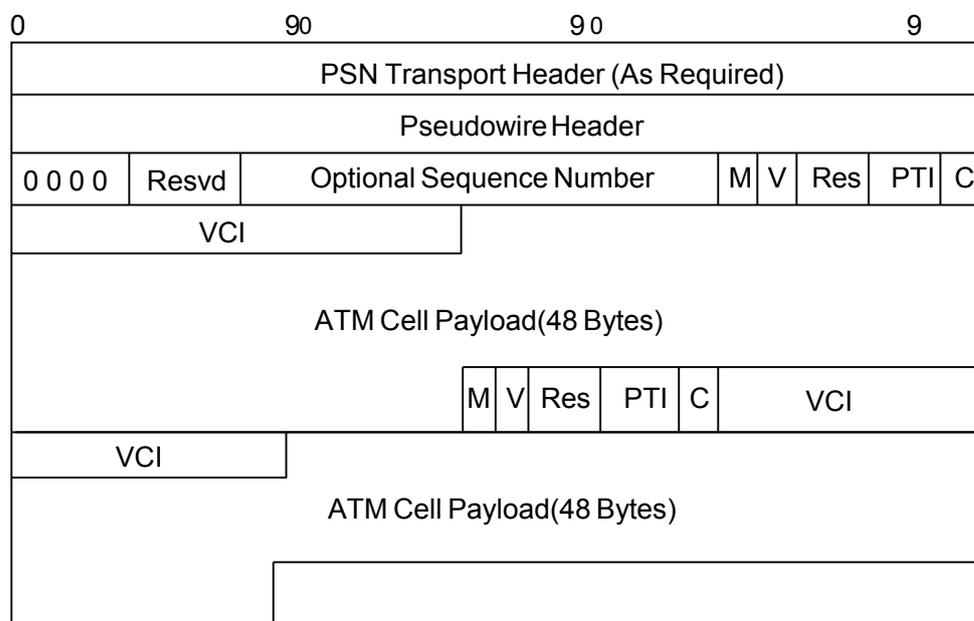
图 1-3 N to 1 VCC 隧道报文



- 1 to 1 VPC

一条 PW 承载一条 ATM VPC 的信元。对于 1 to 1 VPC 的信元透传，隧道报文中只包含 VCI，如 图 1-4 所示。

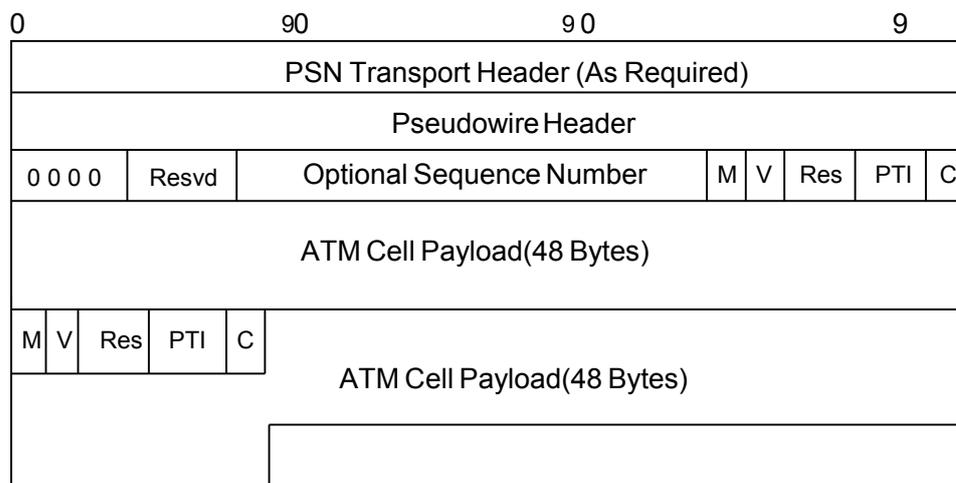
图 1-4 1 to 1 VPC 隧道报文



- 1 to 1 VCC

一条 PW 承载一条 ATM VCC 的信元。对于 1 to 1 VCC 信元透传，隧道报文中不包含 VPI/VCI，如 图 1-5 所示。

图 1-5 1 to 1 VCC 隧道报文

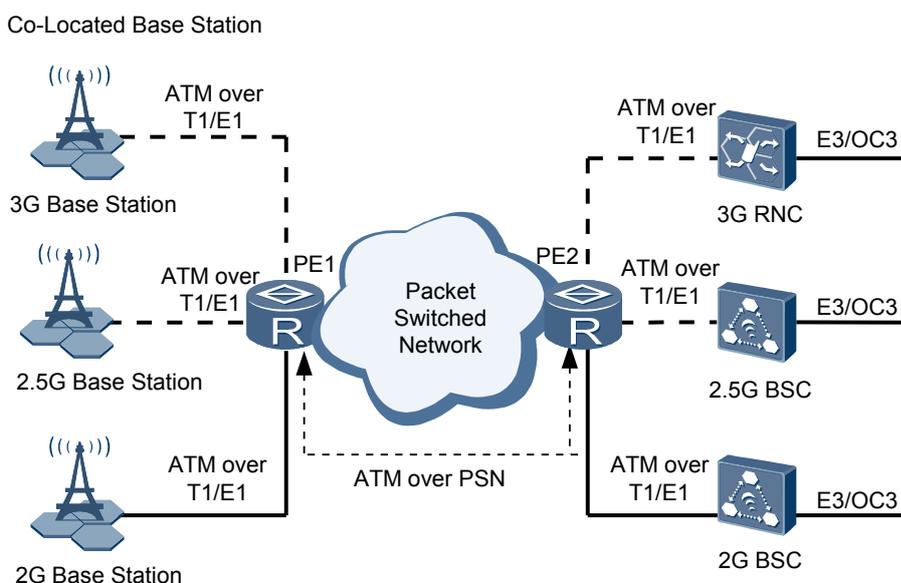


- M (transport mode) bit  
M bit 表示该报文的 payload 是否包含 ATM 信元或帧。如果 M bit 为 0，说明该报文的 payload 中包括 ATM 信元。如果 M bit 为 1，说明该报文的 payload 中包括 AAL5 信元。
- V (VCI present) bit  
V bit 表示该报文中是否有 VCI 字段。如果 V bit 为 1，说明该报文中含有 VCI 字段。如果 V bit 为 0，说明该报文中没有 VCI 字段。对于 VPC 隧道报文，必须包含 VCI 字段并且 VCI 字段和信元一起转发。
- Reserved bits  
不管在接收到该报文之前 Reserved bits 设置是什么，在发送端都设置为 0。
- PTI bits  
PTI(Payload Type Identifier, 载荷类型标识符) bits 长度为 3 bit。和 ATM 层的 PTI 的值相同。
- C (CLP) Bit  
CLP (Cell Loss Priority)字段表示的信元中的 CLP 值。
- VCI Bits  
VCI(Virtual Circuit Identifier)的长度为 16-bit，和信元中的 VCI 值相同。

## 1.5 应用

### 应用场景一

图 1-6 应用场景一网络图



#### 场景介绍

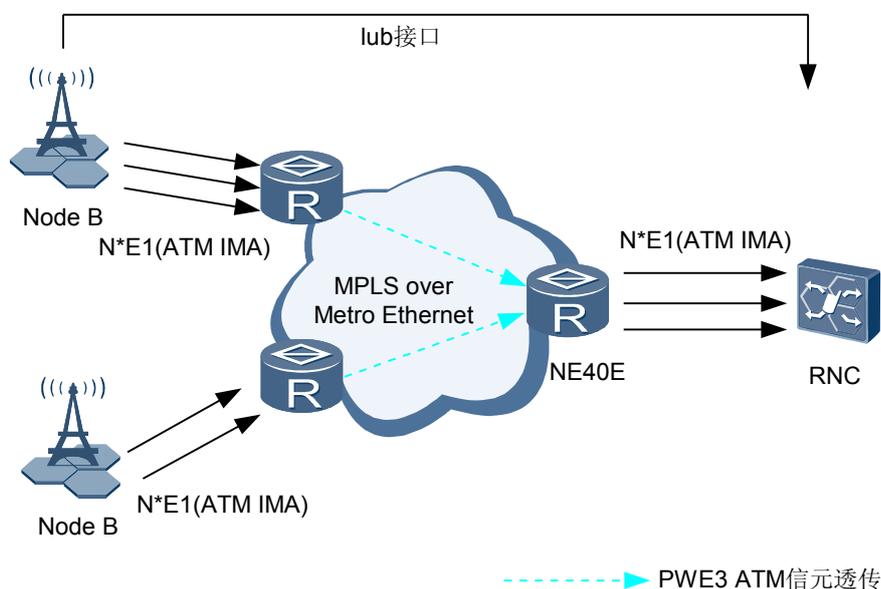
如图 1-6 所示，当从 3G 基站上行的 ATM 业务在 PE1 上通过 E1/T1 接口汇集后，会进行相应的处理把原来的 ATM 信元封装成 PSN 报文，从而能够在 PSN 网络中传输。当到达下行 PE2 处后，相应的 PSN 报文会解封装成原来的 ATM 信元，进而传送给相应的 3G 汇聚设备。

#### 方案优势

多种业务类型在 PE 端汇聚到 PSN 网络，有效利用原有网络资源，节省 PDH 专线租用，便利站点开通，便于多种业务的维护管理。

## 应用场景二

图 1-7 应用场景二组网图



### 场景介绍

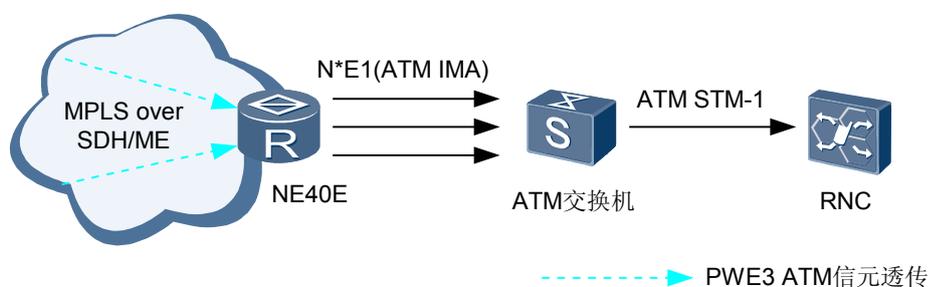
如图 1-7 所示，在 Node B 侧部署支持 E1 IMA 接口的低端路由器与之相连，终结 IMA 后将单一高速 ATM 信元流经 PWE3 ATM 透传至 RNC 侧 NE80E/40E 上；后者再把 ATM 信元流拆分进  $N \times E1$ ，发给 RNC。

### 方案优势

该方案可以使用 MPLS 网络解决带宽统计复用的问题，也使建设成本和维护压力就变得比较小。

## 应用场景三

图 1-8 应用场景三组网图



### 场景介绍

如图 1-8 所示，该场景比场景二增加了一个 ATM 交换机，ATM 交换机的 ATM STM-1 接口与基站控制器相连。

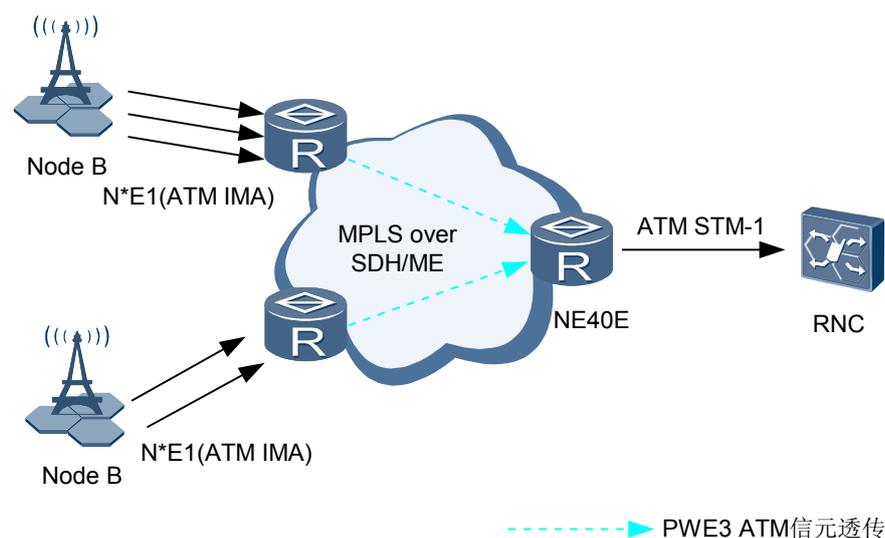
ATM 信元流的经过 PSN 网络传输后，由 NE80E/40E 把 PSN 报文解封封装成信元后，再经过 ATM 交换机传输给基站控制器。NE80E/40E 的 E1 端口密度仍很高，且 ATM 交换机不具成本优势。

方案优势

该方案可以使基站控制器只出一个 ATM STM-1 接口，减少了 E1 接口使用。

## 应用场景四

图 1-9 应用场景四组网图



场景介绍

如图 1-9 所示，基站侧接口出 E1 口，通过 IMA 协议把信元汇聚到低端路由器，ATM 信元流的经过 PSN 网络传输后，CE 侧设备出 ATMSTM-1 接口，而不是出 E1 接口走 IMA 协议，因此由 CE 侧设备把 PSN 报文解封封装成信元后，直接由 ATM-STM1 接口传输给基站控制器。

方案优势

提高网络资源利用率，降低维护成本。

## 1.6 术语与缩略语

### 术语

无

## 缩略语

| 缩略语    | 英文全称                               | 中文全称      |
|--------|------------------------------------|-----------|
| FMC    | Fixed-Mobile Convergence           | 固定移动融合    |
| IMA    | Inverse Multiplexing for ATM       | ATM 反向复用  |
| AN     | Access Node                        | 接入节点      |
| PSN    | Pack Switching Network             | 包交换网络     |
| IP RAN | IP Radio Access Network            | IP 无线承载网络 |
| PWE3   | Pseudo-Wire Emulation Edge-to-Edge | 端到端伪线仿真   |
| PW     | Pseudo-Wire                        | 伪线        |
| QoS    | Quality of Service                 | 服务质量      |

# 2 帧中继

---

## 关于本章

介绍了帧中继 FR（Frame Relay）的产生、基本概念、原理、特点和应用。

[2.1 介绍](#)

[2.2 参考标准和协议](#)

[2.3 特性增强](#)

[2.4 原理描述](#)

[2.5 应用](#)

[2.6 术语与缩略语](#)

## 2.1 介绍

### 定义

帧中继工作在 OSI 参考模型的数据链路层，是数据链路层使用简化的方法传送和交换数据单元的一种方式。

帧中继的重要特点之一是将 X.25 分组交换网中分组节点的差错控制、确认重传、流量控制、拥塞避免等处理过程进行简化，缩短了处理时间，这对有效利用高速数字传输信道十分关键。

#### 说明

X.25 分组交换的时延在几十到几百毫秒，而帧中继交换可以减少一个数量级，达到几毫秒。

### 目的

数据通信设备（如路由器）以专线方式连接，带来了许多缺点。

- 首先专线方式采用固定的带宽和接口。当用户需要改变带宽需求或需扩容时，都不是很方便。
- 其次是专线连接网络的造价昂贵，用户的租用费也很高。
- 另外专线方式若将用户两两连接，用户数量为  $n$ ，则需要  $n(n-1)/2$  条电路，不利于网络资源的管理和运用。

帧中继主要应用在广域网中，支持多种数据型业务。主要解决以下问题：

- 帧中继在初期运用时非常容易在原有的 X.25 的接口上进行软件升级来实现。由于帧中继是基于 X.25 进行简化的快速分组交换技术，所以在许多使用帧中继的终端应用中，不需要对原有的 X.25 设备进行硬件上的改造，只需要对其软件进行升级就可以提供帧中继业务。
- 帧中继的灵活计费方式非常适用于突发性的数据通信。目前国际上许多运营公司采用承诺信息速率（CIR）计费，CIR 用户的通信费用降低。
- 帧中继技术可以动态分配网络资源。对于电信运营者来说，可以让用户使用过剩的带宽，而且用户可以共享网络资源，而不需要重新投资。

## 2.2 参考标准和协议

本特性的参考资料清单如下：

| 文档编号    | 描述  | 备注 |
|---------|---|----|
| RFC1490 | Multiprotocol Interconnect over Frame Relay | -  |

制定帧中继标准的国际组织主要有国际电信联盟（ITU-T）、美国国家标准委员会（ANSI）和帧中继论坛（FR FORUM）。

## ITU-T 标准

- I.122: 帧中继承载业务框架
- I.233: 帧模式承载业务
- I.370: 帧中继承载业务的拥塞管理
- I.372: 帧中继承载业务的网络-网络间接口要求
- I.555: 帧中继承载业务的互通
- I.620: 帧中继网络管理
- Q.922: 用于帧模式承载业务的 ISDN 数据链路层技术规范
- Q.933: 1 号数字用户信令 (DSS1) 帧模式基本呼叫控制的信令规范

## ANSI 标准

- T1S1: 结构框与业务描述
- T1.620: ISDN 数据链路层信令规范
- T1.606: 帧中继承载业务描述
- T1.617: 帧中继承载业务的信令规范
- T1.618: 用于帧中继承载业务的帧协议核心部分

## 帧中继论坛标准

- FRF.1: 用户-网络接口实施协定
- FRF.2: 网络-网络接口实施协定
- FRF.3: 多协议包封实施协定
- FRF.4: SVC 用户-网络接口实施协定
- FRF.5: 帧中继与 ATM PVC 网络互通实施协定
- FRF.6: 帧中继业务用户网络管理实施协定
- FRF.7: 帧中继 PVC 广播业务和协议描述实施协定
- FRF.8: 帧中继与 ATM 业务互通实施协定
- FRF.9: 帧中继报文压缩实施协定
- FRF.10: 帧中继 NNI 交换电路实施协定
- FRF.11: 帧中继承载语音业务实施协定
- FRF.12: 帧中继分片功能实施协定
- FRF.13: 服务等级定义实施协定
- FRF.14: 物理层接口实施协定
- FRF.15: 端到端多链路帧中继实施协定
- FRF.16: UNI/NNI 多链路帧中继实施协定
- FRF.17: 帧中继加密实施协定
- FRF.18: NNI 接口的 FR/ATM 服务网间互通实施协定
- FRF.19: 帧中继 OAM 实施协定
- FRF.20: 帧中继 IP 头压缩实施协定

## 2.3 特性增强

无

## 2.4 原理描述

### 2.4.1 帧中继基本概念

帧中继网络用虚电路来连接网络两端的帧中继设备。每条虚电路用数据链路连接标识符定义了一条帧中继连接通道。

帧中继网提供了用户设备（如路由器和主机等）之间进行数据通信的能力。

- 用户设备被称作数据终端设备 DTE（Data Terminal Equipment）。
- 为用户设备提供接入的设备，属于网络设备，被称为数据电路终结设备 DCE（Data Circuit-terminating Equipment）。
- 帧中继交换机之间为 NNI 接口格式（Network-to-Network Interface）。

### 数据链路连接标识 DLCI

帧中继协议是一种统计复用协议，它能够在单一物理传输线路上提供多条虚电路。

虚电路通过数据链路连接标识 DLCI（Data Link Connection Identifier）区分，DLCI 只在本地接口和与之直接相连的对端接口有效，不具有全局有效性。在帧中继网络中，不同的物理接口上数值相同的 DLCI 并不表示是同一条虚连接。

帧中继网络用户接口上最多支持 1024 条虚电路，其中，用户可用的 DLCI 范围是 16 ~ 1007。由于帧中继虚电路是面向连接的，本地不同的 DLCI 连接到不同的对端设备，所以，可以认为本地 DLCI 是对端设备的“帧中继地址”。

帧中继地址映射是把对端设备的协议地址与对端设备的帧中继地址（本地的 DLCI）关联，以便高层协议能根据对端设备的协议地址寻找到对端设备。

帧中继主要用来承载 IP 协议，在发送 IP 报文时，首先从路由表中找到报文的下一跳地址，然后查找帧中继地址映射表，确定下一跳的 DLCI。地址映射表存放对端 IP 地址和下一跳的 DLCI 的映射关系。地址映射表可以手工配置，也可以由 Inverse ARP 协议动态维护。

### 虚电路 VC

虚电路 VC（Virtual Circuit）是建立在两台网络设备之间共享网络的逻辑电路。根据建立方式，可以将虚电路分为两种类型：

- 永久虚电路 PVC（Permanent Virtual Circuit）：手工设置产生的虚电路。
- 交换虚电路 SVC（Switching Virtual Circuit）：通过协议协商自动创建和删除的虚电路。

目前在帧中继中使用最多的方式是 PVC 方式。

对于 DTE 侧设备，PVC 的状态完全由 DCE 侧的设备决定。对于 DCE 侧设备，PVC 的状态由网络来决定。

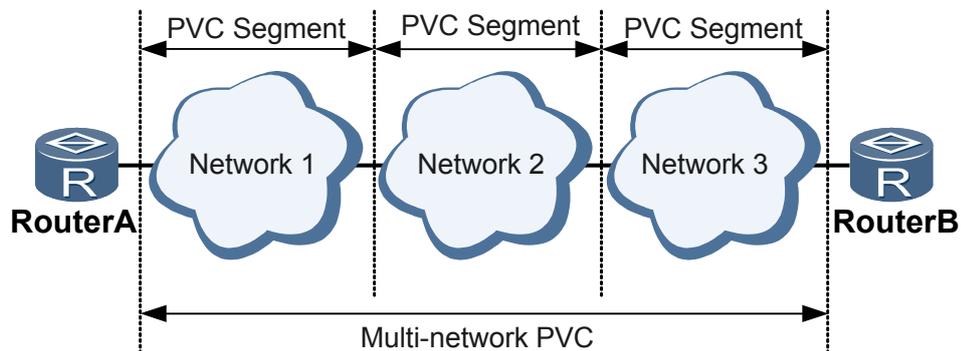
在两台网络设备直接连接的情况下，DCE 侧的设备的虚电路状态是由设备管理员来设置的。

本地管理接口 LMI（Local Management Interface）协议通过状态请求报文和状态报文维护帧中继的链路状态和 PVC 状态。

## 多网络 PVC

当一个 PVC 经过多个网络时，该 PVC 称为多网络 PVC（Multi-network PVC）。它是由每个单一网络的 PVC 构成，这种单一网络的 PVC 称为 PVC 段（PVC segment）。如图 2-1 所示。

图 2-1 多网络 PVC



只有所有的 PVC 段都设置完成，才构成一条多网络 PVC。由于每个 PVC 段是在各自网络内设置的，不可能同时完成。通过 NNI 的 LMI 协议能够双向传递 PVC 段的状态，该状态一直传递到两端的 DCE，再由 DCE 通知 DTE，从而 DTE 能够了解 PVC 的端到端状态。如果所有的 PVC 段都设置完成，DTE 能够发现一条可用的多网络 PVC。

## 2.4.2 LMI 协议

### LMI 概述

在永久虚电路方式时，不管是网络设备还是用户设备都需要知道 PVC 的当前状态。监控永久虚电路状态的协议叫本地管理接口 LMI（Local Management Interface）协议。

本地管理接口 LMI 协议通过状态请求报文和状态报文维护帧中继的链路状态和 PVC 状态。本地管理接口 LMI 模块用于管理永久虚电路 PVC，包括 PVC 的增加、删除，PVC 链路完整性检测，PVC 的状态等。

系统支持三种标准 LMI 协议类型：

- ITU-T 的 Q.933 附录 A。
- ANSI 的 T1.617 附录 D。
- 非标准兼容类型。

具体内容请参见协议文本。该协议属于控制层面的功能。

Q.933 附录 A 是 LMI 协议中使用最多的一种。Q.933 附录 A 中规定了 LMI 协议的信息单元和实现的规程。

以上过程中用到的一些参数定义如表 2-1 所示。用户可以对这些参数进行配置，达到优化设备运行的目的。

表 2-1 帧中继协议参数含义

| 工作方式 | 参数含义                               | 取值范围         | 缺省值  |
|------|------------------------------------|--------------|------|
| DTE  | 请求 PVC 状态的计数器 (N391)               | 1 次~ 255 次   | 6 次  |
|      | 错误门限 (N392)                        | 1 次~ 10 次    | 3 次  |
|      | 事件计数器 (N393)                       | 1 次~ 10 次    | 4 次  |
|      | 用户侧轮询定时器 (T391)，当为 0 时，表示禁止 LMI 协议 | 0 秒~ 32767 秒 | 10 秒 |
| DCE  | 错误门限 (N392)                        | 1 次~ 10 次    | 3 次  |
|      | 事件计数器 (N393)                       | 1 次~ 10 次    | 4 次  |
|      | 网络侧轮询定时器 (T392)                    | 5 秒~ 30 秒    | 15 秒 |

表 2-1 中的参数由 Q.933 的附件 A 规定，各参数的含义如表 2-2。

表 2-2 与 DTE 工作方式相关的参数含义

| 参数   | 含义  |
|------|---|
| N391 | DTE 设备每隔一定的间隔 (T391) 发送一个状态请求报文。状态请求报文有两种类型：链路完整性验证报文和链路全状态查询报文。N391 定义两种报文的发送比例，即链路完整性验证报文数：链路全状态查询报文数 = (N391-1) : 1。 |
| N392 | 表示在被观察的事件总数中发生错误的门限。  |
| N393 | 表示被观察的事件总数。   |
| T391 | 这是一个时间变量，它定义了 DTE 设备发送状态请求报文的间隔。  |

DTE 设备每隔一定的间隔发送一个状态请求报文查询链路状态，DCE 设备收到该报文后，应立即发送状态响应报文。如果 DTE 设备在规定的时间内没有收到响应，就记录该错误。如果错误次数超过门限，DTE 设备就认为物理通路不可用，所有的虚电路都不可用。

N392 和 N393 两个参数一起定义了“错误门限”。即：如果 DTE 设备发送事件计数器 N393 定义的状态请求报文个数中，发生错误数达到错误门限 N392 定义的错误个数，DTE 设备就认为错误次数达到门限，并认为物理通路不可用，所有的虚电路都不可用。

表 2-3 与 DCE 工作方式相关的参数含义

| 参数   | 含义   |
|------|--|
| N392 | 与 DTE 工作方式相关的参数中的 N392 意义相似。区别是 DCE 设备要求 DTE 设备发送状态请求报文的固定间隔由 T392 决定，而 DTE 设备由 T391 决定。 |
| N393 | 与 DTE 工作方式相关的参数中的 N393 意义相似。区别是 DCE 设备要求 DTE 设备发送状态请求报文的固定间隔由 T392 决定，而 DTE 设备由 T391 决定。 |
| T392 | 这是一个时间变量，它定义了 DCE 设备等待一个状态请求报文的最长时<br>间，它应该比 T391 值大。                                    |

## LMI 协议规程

LMI 协议规程包括：

- 增加 PVC 的通知
- 删除 PVC 的探测
- 已设置的 PVC 的可用或不可用状态的通知
- 链路完整性检验

## LMI 协议的消息（Message）类型

LMI 协议的消息类型有两种：

- 状态请求（Status Enquiry）消息。状态请求消息由 DTE 端发送用来向 DCE 端请求虚电路的状态或验证链路完整性。
- 状态（Status）消息。状态消息是当 DCE 端接收到状态请求消息后向 DTE 端发送的一个应答消息，用于传送虚电路的状态或验证链路完整性。

## LMI 协议的报文（Report）类型

LMI 协议的报文（Report）类型有三种：

- 链路完整性验证（Link Integrity Verification Only）报文。链路完整性验证报文只用于验证链路的完整性。
- 全状态（Full Status）报文。全状态报文除了用于验证链路的完整性，还传递 PVC 的状态。
- 异步 PVC 状态（Single PVC Asynchronous Status）报文。异步 PVC 状态报文不具有状态请求消息，只是用于 PVC 状态改变时，及时通知 DTE 端 PVC 的状态。

Q.933 附录 A 使用 DLCI = 0 的虚电路传送 Status 或 Status Enquiry 消息报文。

## Status 消息报文

Status 消息用于应答 Status Enquiry 消息以通知 PVC 的状态或链路完整性检测，它包含以下信息单元。

**表 2-4** Status 消息报文类型

| 序号 | 类型                          | 取值   | 取值 ( byte ) |
|----|-----------------------------|------|-------------|
| 1  | Protocol discriminator      | 0x08 | 1           |
| 2  | Call reference              | 00   | 1           |
| 3  | Message type                | 0x7d | 1           |
| 4  | Report type                 | 不定   | 3           |
| 5  | Link integrity verification | 不定   | 4           |
| 6  | PVC status                  | 不定   | 5 ~ 7       |

Status Enquiry 消息用于询问 PVC 的状态和链路完整性，它包含以下信息单元。

**表 2-5** Status Enquiry 消息报文类型

| 序号 | 类型                          | 取值   | 取值 ( byte ) |
|----|-----------------------------|------|-------------|
| 1  | Protocol discriminator      | 0x08 | 1           |
| 2  | Call reference              | 00   | 1           |
| 3  | Message type                | 0x75 | 1           |
| 4  | Report type                 | 不定   | 3           |
| 5  | Link integrity verification | 不定   | 4           |

Report type 信息单元的格式如表 2-6 所示。

**表 2-6** Report type 消息报文类型

| 序号 | 类型                             | 取值   | 长度 ( byte ) |
|----|--------------------------------|------|-------------|
| 1  | information element identifier | 0x51 | 1           |
| 2  | Length of report type contents | 0x01 | 1           |
| 3  | Type of report                 | 不定   | 1           |

其中 Type of report 值如表 2-7 所示。

表 2-7 Report 的 Type 类型值

| 序号 | 类型  | 取值 | 长度 ( byte ) |
|----|---|----|-------------|
| 1  | Full status ( status of all PVCs on the bearer channel) | 0  | 1           |
| 2  | Link integrity verification only                        | 1  | 1           |
| 3  | Single PVC asynchronous status                          | 2  | 1           |

Link integrity verification 信息单元的格式如表 2-8。

表 2-8 Link integrity verification 报文类型

| 序号 | 类型  | 取值   | 长度 ( byte ) |
|----|---|------|-------------|
| 1  | Full status ( status of all PVCs on the bearer channel) | 0x53 | 1           |
| 2  | Length of Link integrity verification contents          | 0x02 | 1           |
| 3  | Send sequence number                                    | 不定   | 1           |
| 4  | Receive sequence number                                 | 不定   | 1           |

PVC status 信息单元只有 Full status 类型和 Single PVC asynchronous status 类型的状态消息才包含，Link integrity verification only 类型的状态消息没有该信息单元。

在用户—网络接口(UNI)上，DTE 的 PVC 状态完全是由 DCE 决定的，DCE 负责通知 DTE 在 UNI 中所有 PVC 的状态。因此 DTE 只需定时询问 DCE，就可获得该接口上当前 PVC 情况。DCE 的 PVC 状态由网络设备来决定。

在网络-网络接口 (NNI) 上，两侧的网络设备定时交换 PVC 状态，它们也是使用 LMI 协议来完成的。与 UNI 不同的是，两侧的网络设备都向对端发送查询报文，收到查询报文后，都能进行响应。

## LMI 协议简要过程

LMI 协议简要过程如下。

- 由 DTE 发出状态查询消息 Status Enquiry，且定时器 T391 开始计时。T391 的间隔即为每一个轮询的间隔。即每隔 T391，DTE 发送一个 Status Enquiry。同时，DTE 的计数器 V391 进行计数。
  - 当  $V391 < N391$  时，DTE 发送的 Status Enquiry 仅询问“链路完整性”。
  - 当  $V391 = N391$  时，V391 清 0，且 DTE 发送的 Status Enquiry 不仅是询问“链路完整性”，还询问所有 PVC 状态，这种 Status Enquiry 称为“全状态查询”的 Status Enquiry。

所以说 N391 定义了一个周期的长度，每隔一个周期，DTE 发送一个全状态查询的 Status Enquiry。T391 和 N391 可人工设定或取其缺省值。

2. DCE 收到询问消息后，以状态消息 STATUS 应答状态询问消息 STATUS ENQUIRY，同时 DCE 的轮询证实定时器 T392 开始计时，等待下一个状态询问消息 STATUS ENQUIRY。如果 T392 超时后，DCE 没有收到状态询问消息 STATUS ENQUIRY，DCE 就记录该错误，错误次数加 1。
3. DTE 阅读收到的应答消息 STATUS，以了解链路状态和 PVC 状态。DCE 对 DTE 所要了解的状态进行应答，若此时本网络中的 PVC 状态发生变化或有增加/删除的 PVC，则无论对方是否询问 PVC 状态，都应向 DTE 应答所有 PVC 的状态消息，从而使 DTE 及时了解 DCE 的变化情况，并更新以前的记录。
4. 如果定时器 T391 超时后，DTE 设备没有收到状态消息 STATUS 响应它，就记录该错误，错误次数加 1。
5. 如果在 N393 个事件中，发生的错误次数超过 N392，DTE 或 DCE 就认为该物理通路不可用，所有的虚电路不可用。N393 就是被观察事件总数，N392 就是错误门限，N392 和 N393 可人工设定或取其缺省值。

ANSI T1-617 附录 D 同 Q933 附录 A 一样，使用 DLCI=0 的 PVC 传送 LMI 消息报文。ANSI 的 LMI 报文比 Q933 多一个信息单元 (Information element) Locking shift，值为 0x95，在 Message Type 后面。另外 Protocol discriminator 值为 0x08，Report Type ie information 值为 0x01，LIV ie information 值为 0x03，PVC status ie information 值为 0x07。

## 2.4.3 InARP 协议

逆向地址解析协议 (Inverse ARP) 的主要功能是求解每条虚电路连接的对端设备的协议地址，包括 IP 地址和 IPX 地址等。

如果知道了某条虚电路连接的对端设备的协议地址，在本地就可以生成对端 IP 地址与 DLCI 的映射 (MAP)，从而避免手工配置地址映射。

它的基本过程是：

1. 每当发现一条新的虚电路时，如果本地接口上已配置了协议地址，Inverse ARP 就在该虚电路上发送 Inverse ARP 请求报文给对端。该请求报文包含有本地的协议地址。对端设备收到该请求时，可以获得本地的协议地址，从而生成地址映射，并发送 Inverse ARP 响应报文进行响应，这样本地同样生成地址映射。
2. 如果已经手工配置了静态 MAP 或已经建立了动态 MAP，则无论该静态 MAP 中的对端地址正确与否，都不会在该虚电路上发送 Inverse ARP 请求报文给对端，只有在没有 MAP 的情况下才会向对端发送 Inverse ARP 请求报文。
3. 如果在 Inverse ARP 请求报文的接收端发现，对端的协议地址与本地配置的 MAP 中的协议地址相同，则不会生成该动态 MAP。

Inverse ARP 报文的格式与标准的 ARP 报文格式相同，如表 2-9 所示，其中不包含帧中继帧头。

表 2-9 InverseARP 报文格式

| 序号 | Type          | Length |
|----|---------------|--------|
| 1  | Hardware type | 16bits |
| 2  | Protocol type | 16bits |

| 序号 | Type                                     | Length  |
|----|--|---------|
| 3  | Byte length of each hardware address (n) | 8bits   |
| 4  | Byte length of each Protocol address (m) | 8bits   |
| 5  | Operation code                           | 16bits  |
| 6  | source hardware address                  | n Bytes |
| 7  | source Protocol address                  | m Bytes |
| 8  | target hardware address                  | n Bytes |
| 9  | target Protocol address                  | m Bytes |

Hardware type 分配给帧中继的值为 0x000f; Protocol type 取决于请求哪种协议类型的协议地址, IP 为 0x0800 (在没有配置 TCP/IP 头压缩的情况下), IPX 为 0x8137。

Operation code 指出消息的类型, 请求 (REQUEST) 还是响应 (REPLY)。如果是 INARP REQUEST, 则 Operation code 值为 0x08; 如果是 INARP REPLY, 则 Operation code 值为 0x09。

Hardware address 和 Protocol address 的长度取决于 INARP 运行的环境。在帧中继上, hardware address 的长度在 2 到 4 之间 (Q.922 地址), Protocol address 的长度为 4。

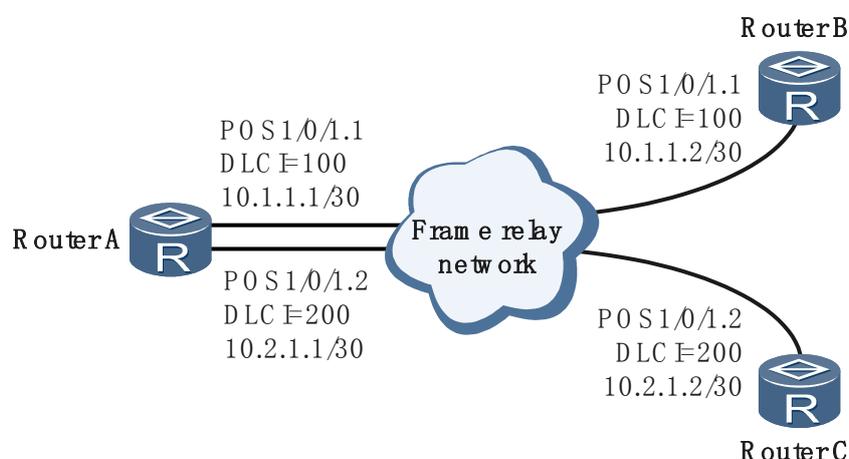
## 2.4.4 帧中继的基本原理

### 帧中继在华为设备上的实现方式

目前, NE80E/40E 上支持帧中继协议的物理接口主要是 POS 接口和 Serial 接口。

帧中继典型组网图如图 2-2 所示。

图 2-2 帧中继典型组网图



部署帧中继功能时, 需要遵循以下的步骤:

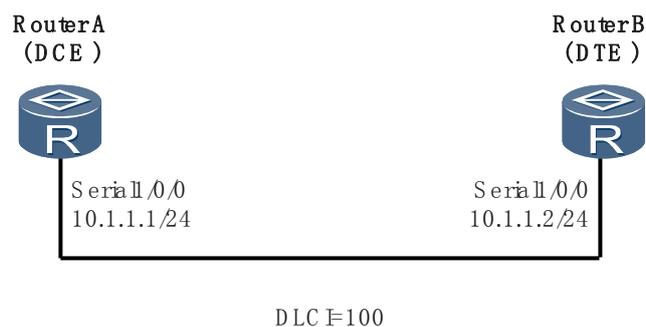
1. 在主接口上配置链路层协议为帧中继。  
只有创建了帧中继主接口后，才可以创建帧中继子接口。此外，改变主接口的帧中继封装格式，系统会自动删除接口下帧中继的所有配置。
2. 在主接口上配置帧中继 LMI 协议类型、接口类型为 DTE 或 DCE，以及其他相关参数。  
缺省情况下，设备的帧中继接口类型为 DTE。
3. 创建帧中继子接口。  
目前，NE80E/40E 只支持 P2P 类型的 FR 子接口。
4. 在帧中继子接口上配置 DLCI 值和 IP 地址。

## LMI 协商过程

如图 2-3 所示，两台路由器通过串口直连，

- RouterA 工作在帧中继的 DCE 方式。
- RouterB 工作在帧中继的 DTE 方式。

图 2-3 LMI 协商过程组网图



LMI 协商过程如下：

1. DTE 端定时发送状态查询消息（Status Enquiry）。
2. DCE 端收到询问消息后，用状态消息（Status）应答状态询问消息（Status Enquiry）。
3. DTE 解析收到的应答消息（Status），以了解链路状态和 PVC 状态。
4. 当两端设备 LMI 协商报文收发正确的情况下，链路协议状态变为 Up 状态，PVC 状态变为 Active 状态。
5. 帧中继 LMI 协商通过。

## InARP 协商过程

当帧中继 LMI 协商通过，PVC 状态变为 Active 后，PVC 开始 InARP 协商过程。

InARP 协商过程如下：

1. 如果本地接口上已配置了协议地址，那么设备就在该虚电路上发送 Inverse ARP 请求报文给对端设备。该请求报文包含有本地的协议地址。
2. 对端设备收到该请求后，可以获得本端设备的协议地址，从而生成地址映射，并发送 Inverse ARP 响应报文进行响应。

3. 本端收到 Inverse ARP 响应报文后，解析报文中的对端地址，也生成地址映射。
4. RouterA 端生成地址映射（10.1.1.2<--->100），RouterB 端生成地址映射（10.1.1.1<--->100）。

经过 LMI 和 InARP 协商后，帧中继接口的协议状态变为 Up 状态，并且生成了对端 IP 地址映射，这样 PVC 上就可以承载 IP 报文了。

## 转发过程

下面的例子通过 Ping 操作说明 IP 报文转发过程。

1. 用户在 RouterA 上对 IP 地址 10.1.1.2 发送 Ping 操作。
2. RouterA 根据目的地址 10.1.1.2 查找路由表项，发现路由表项的出接口为帧中继接口。
3. RouterA 根据路由表与帧中继地址映射表的对应关系，可以直接找到对应的地址映射表（10.1.1.2<--->100）。
4. RouterA 从地址映射表中找到帧中继 PVC，对 IP 报文进行封装后发送给对端。
5. RouterB 回应 Ping 报文的处理流程与上述流程一致。

## 2.4.5 帧中继子接口

### 帧中继子接口的引入

帧中继网络可以将分散在不同地点的网络连接起来，可能的网络结构有星型结构、部分网状相连（Partial-meshed）和全网状相连（Full-meshed）。

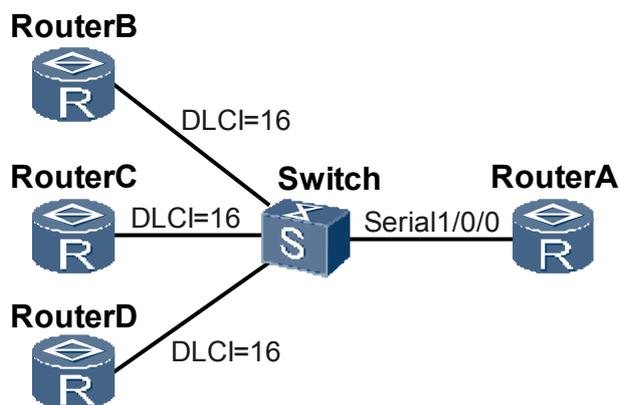
从经济的角度考虑，星型结构是最优的网络结构，因为这种结构使用的 PVC 的数量最少，中心节点通过在一个接口上使用多个 PVC 将多个分散的分支节点连接起来。这种结构主要用于总部连接多个分部的情况。这种结构的缺点是各个分支节点之间通信需要经过中心节点进行中转。

在全网状相连结构中，所有的节点都有 PVC 和其他的节点相连，从一个节点到另外一个节点不需要其他节点中转，另外这种结构可靠性很高，当直连的 PVC 故障的时候可以通过其他的节点中转。缺点是需要的 PVC 数量较多，当网络中节点的数量增加时，需要的 PVC 数量也急剧增加，也就是我们平常所说的 N 平方问题。

在部分网状相连结构中，不是所有的节点都有到其他节点的 PVC，优缺点介于前两者之间。帧中继默认的网络类型是非广播多点可达 NBMA（Non-broadcast Multiaccess），也就是说虽然帧中继网络中的各个节点之间相互连通，但是和以太网不同的是这种网络不支持广播，如果某个节点得到路由信息，它需要复制多条然后通过 PVC 逐条发送到相连的多个节点。

为了减少路由器环路产生，水平分割机制（在路由协议部分会学到）不允许路由器从一个接口进来的更新信息再从该接口发送出去。

图 2-4 帧中继与水平分割

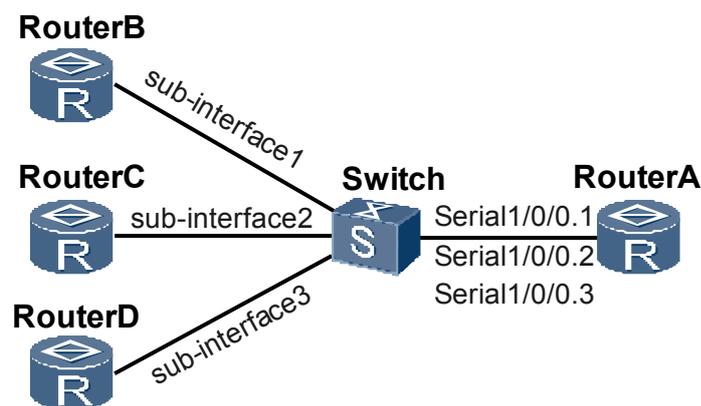


如图 2-4 所示，RouterB 通告给 RouterA 一条路由信息，由于水平分割机制，RouterA 不能通过接收此路由信息的 Serial1/0/0 将这条信息通告给 RouterC 和 RouterD。要解决这个问题有几个方法：

- 一个方法是使用多个物理接口连接多个相邻节点，这需要路由器具备多个物理接口，增加了用户的成本。
- 另外一个方法是使用子接口，也就是在一个物理接口上配置多个逻辑接口，每个子接口都有自己的网络地址，就好像一个物理接口一样
- 或者是关闭水平分割，当然这需要路由协议的支持，另外关闭水平分割增加了产生路由环路的几率。

## 帧中继子接口

图 2-5 帧中继子接口



我们可以在串口线路上定义这些逻辑子接口。每一个子接口使用一个或多个 DLCI 连接到对端的路由器。在子接口上配置了 DLCI 后，还需要建立目的端 IP 地址和该 DLCI 的映射。

这样，虽然在 RouterA 上仅拥有一个物理串口 Serial1/0/0，但是在物理串口 Serial1/0/0 上现在定义了 Serial1/0/0.1 子接口上的 DLCI 到 RouterB，Serial1/0/0.2 子接口上的 DLCI 到 RouterC，和 Serial1/0/0.3 子接口上的 DLCI 到 RouterD。

在物理接口上定义了逻辑子接口以后，帧中继的连接就可以成为部分网状连接。通过配置子接口，路由器可以实现相互连接，并能够转发更新信息。这样在路由器的一个物理接口上就可以避免水平分割带来的影响。

这种设计与前面 NBMA 环境下点对点连接不同。在那种配置中，所有的路由器都在同一个子网段中，使用全网状连接的 PVC。

但使用帧中继的点到点子接口时，只有相连接的两个路由器的子接口在同一子网段。这个帧中继配置中包含有许多子网。

## 帧中继子接口分类

帧中继的子接口分为两种类型：

- 点到点（point-to-point）子接口：用于连接单个远端设备。一个子接口只配一条 PVC，不用配置静态地址映射就可唯一地确定对端设备。所以在给予子接口配置 PVC 时已经隐含地确定了对端地址。
- 点到多点（point-to-multipoint）子接口：用于连接多个远端设备。一个子接口上配置多条 PVC，每条 PVC 都和它相连的远端协议地址建立地址映射，这样不同的 PVC 就可以到达不同的远端而不会混淆。必须要通过手工配置地址映射，或者通过逆向地址解析协议来动态建立地址映射。

目前，NE80E/40E 只支持设备间通过 FR 的 P2P 子接口进行互通。

## 2.4.6 帧中继压缩

帧中继压缩技术可以对帧中继报文进行压缩，从而能够节约网络带宽，降低网络负载，提高数据在帧中继网络上的传输效率。

NE80E/40E 支持的帧中继压缩有 FRF.9 压缩和帧中继 IP 头压缩 IPHC（IP Header Compression）两种。

### FRF.9 压缩

NE80E/40E 支持 FRF.9（FRF.9 STAC 压缩）功能，此功能遵循 FRF.9 压缩协议。

帧中继压缩技术压缩的对象是非标号信息帧，内容包括 FR 压缩状态协商、FR 压缩报文同步、FR 压缩和解压缩。压缩算法采用 Stac 算法（ANSI X3.241-1994）。

FRF.9 把报文分为控制报文和数据报文两类。控制报文用于 DLCI（Data Link Control Identifier）两端的的状态协商，协商成功后才能交换 FRF.9 数据报文。如果 FRF.9 控制报文的发送超过一定次数，仍无法协商成功，将停止协商，压缩配置不起作用。

FRF.9 只压缩数据报文和逆向地址解析协议报文，不压缩 LMI（Local Management Interface）报文。

### IP 头压缩

NE80E/40E 支持的帧中继特性提供 IP 头压缩功能，包括 RTP/TCP 头压缩。

## 2.4.7 帧中继 PVC 交换

帧中继另外一个典型的应用就是帧中继交换。

帧中继交换指在帧中继网络中，直接在链路层通过 PVC 交换转发用户的报文。

路由器可以用来实现帧中继交换功能。帧中继交换有两种方法可以实现：帧中继交换路由和帧中继交换 PVC。

- 帧中继交换路由是为当前接口指定报文转发的出口及虚电路号，从而配置一条报文转发路由；
- 帧中继交换 PVC 是为路由器中任意的两个接口创建报文转发路由，常用于路由的备份功能，具体配置请参见[帧中继交换 PVC 备份](#)。

帧中继 PVC 交换是根据 PVC 路由表来完成的。PVC 路由表有如下结构。

图 2-6 PVC 路由表结构

|      |        |      |        |
|------|--------|------|--------|
| 输入接口 | 输入DLCI | 输出接口 | 输出DLCI |
|------|--------|------|--------|

PVC 路由表可以手工设置，也可以根据协议和网络拓扑自动产生。根据该路由表就可以完成帧交换功能。我们可以看到帧交换功能是非常简单的。比较麻烦的是 PVC 状态的维护。

## 2.4.8 帧中继交换 PVC 备份

NE80E/40E 提供帧中继交换功能，路由器可以作为帧中继交换机使用，是 DCE 设备。

在实际组网中，为提高网络的可靠性，通常有两种解决方案可选择：

- 在帧中继的 DTE 上配置多 PVC 备份
- 在帧中继的 DCE 上配置交换 PVC 备份

在某些组网应用中，当 DTE 不提供多 PVC 备份功能时，可以在作为 DCE 的路由器上启用交换 PVC 备份功能。

### 备份组、主用链路和备用链路

通过备份组（Standby Group）来控制交换 PVC 的备份。

备份组由若干条一一对应的主用链路（master PVC）和备用链路（slave PVC）组成。当组内处于 Inactive 状态的主用链路数占到主用链路总数的一定比例，并且处于 Active 状态的备用链路数也占到总的备用链路数的一定比例时，将以备份组为单位，启动主备链路的切换。

需要说明的是：某条链路在备份组中是主用链路还是备用链路在配置时就已经确定了，与链路实际执行的功能无关。

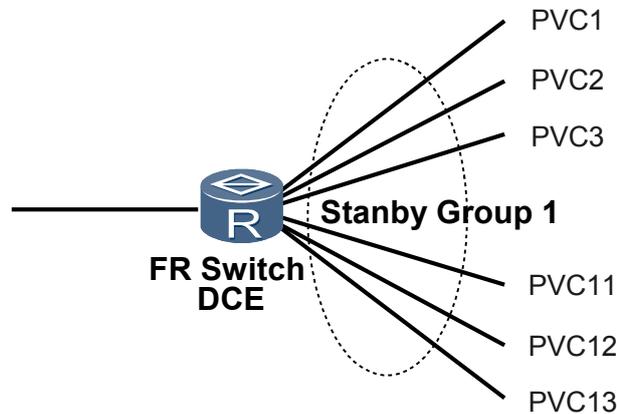
### 切换方式

交换 PVC 备份支持手动和自动两种切换方式。

在目前的实现中，如果从主用链路切换到备用链路，可以在以上两种方式选择一种，但不能同时启用；而如果从备用链路切换到主用链路，只能使用手动方式。

下面结合图 2-7 对交换 PVC 备份组进行简单介绍。

图 2-7 交换 PVC 备份组示意图



上图中：路由器作为帧中继交换机，配置六条交换 PVC，其中，PVC1、PVC2 和 PVC3 是主用链路，PVC11、PVC12 和 PVC13 分别作为它们的备用链路，这六条交换 PVC 都属于备份组 1。因此，备份组 1 中包括三条主用链路和三条备用链路。正常情况下，所有流量通过主用链路发送，一旦发生主备切换，所有流量转移到备用链路发送。

一台路由器上可以配置多个备份组。

📖 说明

NE80E/40E 支持使用 IP 隧道（Tunnel）作为备份链路，即，通过 IP 对帧中继进行备份。并且，同一个备份组内，可以同时存在 PVC 和 IP Tunnel 两种备份链路，例如，在图 2-7 中，可以将其中一条备份 PVC 替换为 IP Tunnel。

## 使用注意事项

在应用帧中继的交换 PVC 特性时，需要注意以下几点：

- 只能在 DCE 上配置交换 PVC 备份功能，不能在两端的 DTE 上配置。
- 主备切换以组为单位进行，因此，应谨慎选择备份链路和切换条件。
- 一旦发生主备切换，系统不会从备用链路自动切换到主用链路，即使主用链路已经可用。只能通过手动方式完成切换。

## 2.4.9 帧中继 QoS

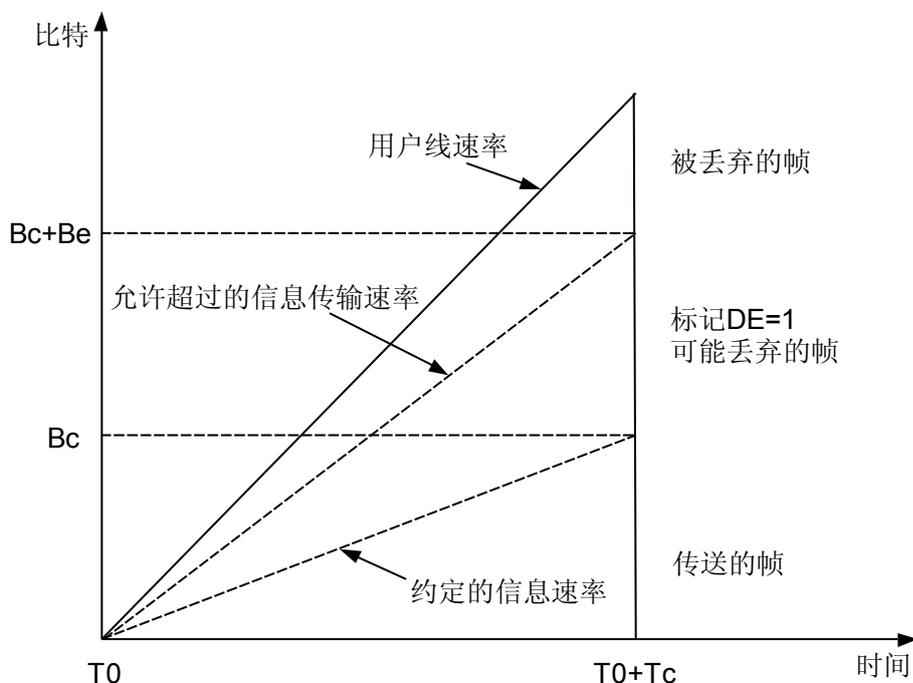
帧中继还拥有自己的 QoS 机制，例如帧中继分片、帧中继流量整形、帧中继流量监管、帧中继拥塞管理等。

下面只简单介绍一下帧中继的带宽管理。

帧中继是统计复用协议，实现了带宽资源的动态分配，因此它适合为具有大量突发数据（如 LAN）的用户提供服务。

但如果某一时刻所有用户的数据流量之和超过可用的物理带宽时，帧中继网络就要实施带宽管理。它通过为用户分配带宽控制参数，对每条虚电路上传送的用户信息进行监视和控制。

图 2-8 帧中继带宽管理



如图 2-8 所示，帧中继网络为每个帧中继用户分配三个带宽控制参数： $B_c$ 、 $B_e$  和 CIR。同时，每隔  $T_c$  时间的间隔对虚电路上的数据流量进行监视和控制。

- CIR 是网络与用户约定的用户信息传送速率，即承诺信息速率。如果用户以小于等于 CIR 的速率传送信息，应保证这部分信息的传送。
- $B_c$  是网络允许用户以 CIR 速率在  $T_c$  间隔传送的数据量，它们三者的关系是  $T_c = B_c / CIR$ 。
- $B_e$  是网络允许用户在  $T_c$  间隔内传送的超过  $B_c$  的数据量。

网络对每条虚电路进行带宽控制，采用如下策略：

在  $T_c$  内：

- 当用户数据传送量不大于  $B_c$  时，继续传送收到的帧。
- 当用户数据传送量大于  $B_c$  但不大于  $B_c$  与  $B_e$  之和时，将  $B_e$  范围内传送的帧的 DE 位置“1”。如果网络未发生严重拥塞，则继续传送。否则将这些帧丢弃。
- 当  $T_c$  内用户数据传送量大于  $B_c$  与  $B_e$  之和时，将超过范围的帧丢弃。

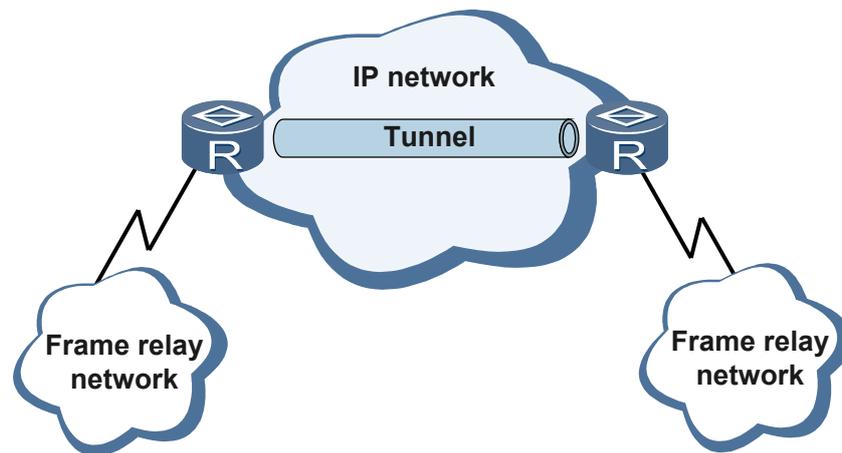
举例来说，如果约定一条 PVC 的  $CIR=128\text{bit/s}$ ， $B_c=128\text{kbit}$ ， $B_e=64\text{kbit}$ ，则  $T_c = B_c / CIR = 1\text{s}$ 。在这一段时间内，用户可以传送的突发数据量可达到  $B_c + B_e = 192\text{kbit}$ ，传送数据的平均速率为  $192\text{kbit/s}$ ，其中，正常情况下， $B_c$  范围内的  $128\text{kbit}$  的帧在拥塞情况下，这些帧也会被送达终点用户，若发生了严重拥塞，这些帧会被丢弃。

$B_e$  范围内的  $64\text{kbit}$  的帧的 DE 比特被置为“1”，在无拥塞的情况下，这些帧会被送达终点用户，若发生拥塞，则这些帧会被丢弃。

## 2.4.10 FRoIP

由于 IP 网络的应用越来越广泛，实际应用时，需要通过 IP 网络承载帧中继数据 FRoIP (Frame Relay over IP)，实现帧中继网络的互联。FRoIP 是在两端的帧中继网之间建立 GRE 隧道，通过 GRE 隧道传送帧中继报文。在建立了 GRE 的 Tunnel 接口后，可以指定帧中继交换使用 Tunnel 接口，从而实现在 IP 网络上承载帧中继报文。如图 2-9 所示。

图 2-9 Frame Relay over IP 典型应用图



GRE 隧道上传送的帧中继报文分为三种：封装了 IP 头的 FR 数据报文、InverseARP 报文、以及用于协商 GRE 隧道上 PVC 状态的 LMI 报文。

有两种方法可以实现 FRoIP，即帧中继交换路由和帧中继交换 PVC。

## 2.5 应用

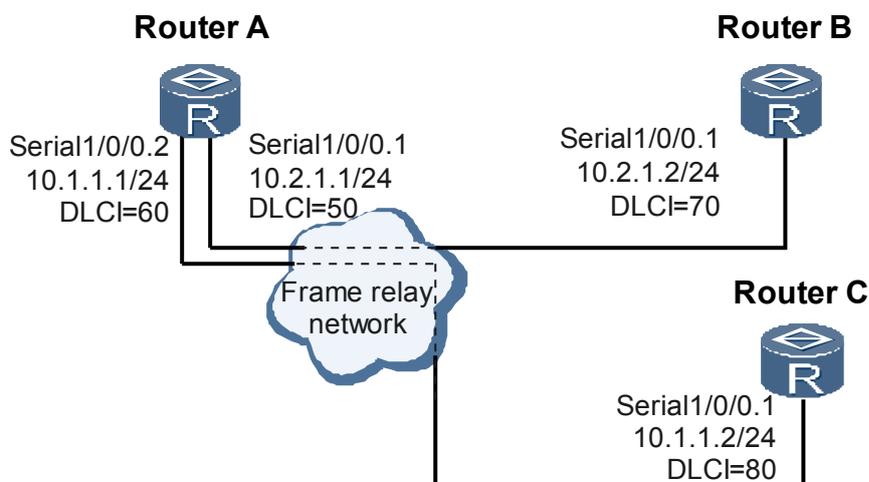
### 2.5.1 帧中继接入

帧中继比较典型的应用之一是帧中继接入。帧中继接入即作为用户端承载上层报文，接入到帧中继网络中。

帧中继网提供了用户设备之间进行数据通信的能力。

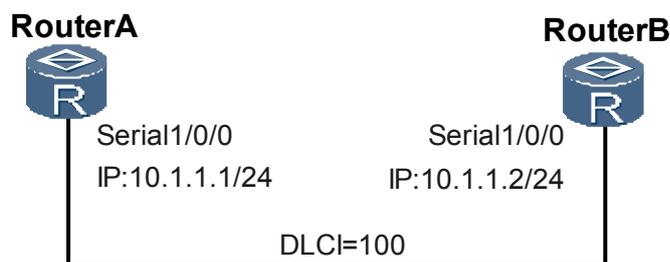
帧中继网络可以是公用网络或者是某一企业的私有网络，如图 2-10 所示。

图 2-10 通过帧中继互连局域网



帧中继网络也可以是直接连接，如图 2-11 所示。

图 2-11 通过专线互连局域网



## 2.6 术语与缩略语

### 术语

| 术语       | 描述   |
|----------|--|
| 多网络 PVC  | 当一个 PVC 经过多个网络时，该 PVC 称为多网络 PVC（Multi-network PVC）。它是由每个单一网络的 PVC 构成，这种单一网络的 PVC 称为 PVC 段（PVC segment）。                                |
| IP 报文头压缩 | IP 报文头压缩协议 IPHC（IP Header Compression）是一种主机-主机协议，用于在 IP 网络上压缩语音、视频等实时多媒体业务。为了减少有效带宽的消耗，可以在链路上使用 IP 报文头压缩功能，压缩 TCP/IP 和 IP/UDP/RTP 报文头。 |
| InARP 协议 | 逆向地址解析协议（Inverse ARP）主要用来在帧中继网络中，求解每条虚电路连接的对端设备的协议地址。  |

| 术语        | 描述  |
|-----------|---|
| LANSwitch | 局域网交换机。以太网组网中可能会使用到的一种多端口交换设备，工作在数据链路层。   |
| X.25      | 一种数据链路层协议。定义了 PDN 中为了实现远程终端访问和计算机通信，而在 DTE 和 DCE 之间连接如何维护。                            |
| 虚拟接口模板    | 虚拟接口模板是 VA 接口的模板，它只提供 VA 接口的公共属性。真正用于通信的是 VA 接口。但是 VA 接口不能由用户配置，用户只能通过配置虚拟接口模板来配置 VA。 |
| 虚拟以太网接口   | 虚拟以太网接口是具有以太网接口性质的逻辑接口。   |
| 帧中继地址映射   | 帧中继地址映射是把对端设备的协议地址与对端设备的帧中继地址（本地的 DLCI）关联，以便高层协议能根据对端设备的协议地址寻找到对端设备。                  |
| 子接口       | 子接口提供在一个物理接口上支持多个逻辑接口的功能。即，将多个逻辑接口与一个物理接口建立关联。  |

## 缩略语

| 缩略语     | 英文全称   | 中文全称         |
|---------|--|--------------|
| ANSI    | American National Standards Institute  | 美国国家标准学会     |
| Bc      | burst commit   | 承诺突发         |
| Be      | burst excess   | 超额突发         |
| CIR     | committed information rate   | 承诺信息速率       |
| DCE     | data circuit-terminating equipment   | 数据电路终结设备     |
| DLCI    | Data Link Connection Identifier  | 数据链路连接标识     |
| DTE     | Data terminal equipment  | 数据终端设备       |
| FRoISDN | Frame Relay over ISDN  | ISDN 承载帧中继   |
| ISDN    | Integrated Services Digital Network  | 综合业务数字网      |
| ITU-T   | International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector | 国际电信联盟-电信标准部 |
| LMI     | Local Management Interface   | 本地管理接口       |
| MFR     | Multilink Frame Relay  | 多链路帧中继       |
| MPoFR   | Multilink PPP over Frame Relay   | 多链路帧中继承载 MP  |
| NBMA    | Non-broadcast Multiaccess  | 非广播多点可达      |

| 缩略语    | 英文全称                                | 中文全称         |
|--------|-------------------------------------|--------------|
| NNI    | Network-to-Network Interface        | 网络-网络接口      |
| OSI    | Open System Interconnection         | 开放系统互连（模型）   |
| PPPoFR | PPP over Frame Relay                | 多链路帧中继承载 PPP |
| PVC    | permanent virtual circuit           | 永久虚电路        |
| QoS    | Quality of Service                  | 服务质量         |
| SVC    | switched virtual circuit            | 交换虚连接        |
| Tc     | committed rate measurement interval | 承诺速率测量时间间隔   |
| UNI    | User-to-Network Interface           | 用户-网络接口      |
| VC     | Virtual Channel                     | 虚拟信道         |

# 3 HDLC 及 IP-Trunk

---

## 关于本章

本节介绍高级数据链路控制规程 HDLC (High-level Data Link Control) 与 IP-Trunk 的基本知识。IP-Trunk 将多个接口聚合在一起形成一个汇聚组，实现出、入负荷在各成员接口中的分担，同时提供更高的连接可靠性。

### 3.1 介绍

### 3.2 参考标准和协议

### 3.3 特性增强

### 3.4 原理描述

### 3.5 应用

### 3.6 术语与缩略语

## 3.1 介绍

### 定义

高级数据链路控制 HDLC (High-level Data Link Control) 是一种面向比特的链路层协议。

HDLC 最大的特点是不需要规定数据必须是字符集, 对任何一种比特流, 均可以实现透明的传输。

 说明

- 比特流: 传输的时候是以比特为单位进行传输。
- 字符集: 传输的时候是以字符为单位进行传输。

Trunk 将多个接口聚合在一起形成一个汇聚组, 实现出、入负荷在各成员接口中的分担, 同时提供更高的连接可靠性。

目前, 对于华为公司的数据通信产品, IP-Trunk 的成员接口只能使用 HDLC 封装形式。

### 目的

与其他数据链路层协议相比, HDLC 具有以下几个特点:

- 全双工通信, 不必等待确认可连续发送数据, 有较高的数据链路传输效率;
- 所有帧均采用 CRC 校验, 对信息帧进行顺序编号, 可防止漏收或重收, 传输可靠性高;
- 传输控制功能与处理功能分离, 具有较大的灵活性和较完善的控制功能;
- 协议不依赖于任何一种字符编码集, 数据报文可透明传输;
- 用于透明传输的“0 比特插入法”, 易于硬件实现。

## 3.2 参考标准和协议

本特性的参考资料清单如下:

| 文档编号    | 描述                  | 备注 |
|---------|---------------------|----|
| RFC1549 | PPP in HDLC Framing | -  |

## 3.3 特性增强

无

## 3.4 原理描述

### 3.4.1 HDLC 的操作方式

HDLC 是通用的数据链路控制协议。当开始建立数据链路时，允许选用特定的操作方式。

所谓链路操作方式，通俗地讲就是以主节点方式操作，还是以从节点方式操作，或者是二者兼备。

在链路上起控制作用的节点称为主节点，其他受主节点控制的节点称为从节点。二者兼备的节点成为组合节点。

主节点负责对数据流进行组织，并且对数据上的差错进行恢复。由主节点发往从节点的帧称作命令帧，而由从节点返回主节点的帧称作响应帧。

连接多个节点的链路通常使用轮询技术，使其他节点轮询作为主节点，而在点到点链路中每个节点均可为主节点。在一个节点连接多条链路的情况下，该节点对于一些链路而言可能是主节点，而对另外一些链路而言有可能是从节点。

HDLC 中常用的操作方式有以下 3 种。

#### 正常响应方式

正常响应方式 NRM (Normal Response Mode) 是一种非平衡数据链路操作方式，有时也称为非平衡正常响应方式。

该操作方式使用面向终端的点到点或点到多点的链路。

在这种操作方式下，传输过程由主节点启动，从节点只有收到主节点某个命令帧后，才能作为响应向主节点传输信息。

响应信息可以由一个或多个帧组成，若信息由多个帧组成，则应指出哪一帧是最后一帧。

主节点负责管理整个链路，且具有轮询、选择从节点及向从节点发送命令的权利，同时也负责对超时、重发及各种恢复操作的控制。

#### 异步响应方式

异步响应方式 ARM (Asynchronous Response Mode) 也是一种非平衡数据链路操作方式。

与 NRM 不同的是，ARM 的传输过程由从节点启动。从节点主动发送给主节点的一个或一组帧。

在这种操作方式下，由从节点来控制超时和重发。

该方式对采用轮询方式的多节点链路来说是必不可少的。

#### 异步平衡方式

异步平衡方式 ABM (Asynchronous Balanced Mode) 是一种允许任何节点来启动传输的操作方式。

为了提高链路传输效率，节点之间在两个方向上都需要有较高的信息传输量。在这种操作方式下，任何时候任何节点都能启动传输操作，每个节点既可以作为主节点又可作为从节点。各个节点都有相同的一组协议，任何节点都可以发送或接受命令，也可以给出应答，并且各节点对差错恢复过程都负有相同的责任。

## 3.4.2 HDLC 的帧格式

在 HDLC 中，数据和控制报文均以帧的标准格式传送。

HDLC 完整的帧由标志字段、地址字段、控制字段、信息字段、帧校验序列字段等组成。HDLC 完整帧格式如图 3-1 所示。

图 3-1 HDLC 帧格式

|                     |                     |                     |                                     |
|---------------------|---------------------|---------------------|-------------------------------------|
| 0                   | 7                   | 15                  | 23                                  |
| Flag<br>01111110    | Address<br>11111111 | Control<br>00000011 |                                     |
| Protocol<br>16 bits |                     | Information         | Padding                             |
| FCS<br>16 bits      |                     | Flag<br>01111110    | Inter-frame Fill or<br>next Address |

各字段的含义解释如表 3-1 所示。

表 3-1 HDLC 帧格式各字段的解释

| 字段      | 长度（字节） | 含义   |
|---------|--------|--|
| Flag    | 1      | <p>标志字段，固定值是 01111110 的比特模式，标志帧的开始和结束。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>在两个帧之间仅需要一个标志字段。两个连续的标志字段认为是一个空帧，在接收端被丢弃，但是不作为 FCS 错误。</li> <li>通常，在不进行帧传送的时刻，信道仍处于激活状态。在这种状态下，发送方不断地发送标志字段，而接收方则检测每一个收到的标志字段。一旦发现某个标志字段后面不再是一个标志字段，便可认为新的帧传输已经开始。</li> </ul>  |
| Address | 1      | <p>地址字段，内容取决于所采用的操作方式。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>每个从节点与组合节点都被分配一个唯一的地址。命令帧中的地址字段携带的是对方节点的地址，而响应帧中的地址字段所携带的地址是本节点的地址。</li> <li>某一地址也可分配给不止一个节点，这种地址称为组地址。利用一个组地址传输的帧能被组内所有拥有该地址的节点接收。但当一个节点或组合节点发送响应时，它仍应当用它唯一的地址。</li> <li>用全 1 的广播地址来表示包含所有节点的地址，含有广播地址的帧传送给链路上所有的节点。</li> <li>规定全 0 的地址为无节点地址，不分配给任何节点，仅作为测试用。</li> </ul> |

| 字段          | 长度 (字节) | 含义  |
|-------------|---------|---|
| Control     | 1       | 控制字段，用于构成各种命令及响应，以便对链路进行监视与控制。发送方主节点或组合节点利用控制字段来通知被寻址的从节点或组合节点执行约定的操作；相反，从节点用该字段作为对命令的响应，报告已经完成的操作或状态的变化。   |
| Protocol    | 2       | 协议字段。表示 Information 域中的数据封装的协议类型。   |
| Information | N       | 信息字段。可以是任意的二进制比特串，长度未作限定。其上限由 FCS 字段或通信节点的缓冲容量来决定，目前国际上用得较多的是 1000 ~ 2000 比特，而下限可以是 0，即无信息字段。但是监控帧中不可有信息字段。 |
| FCS         | 2       | 帧检验序列字段。可以使用 16 位 CRC，对两个标志字段之间的整个帧的内容进行校验。   |

### 3.4.3 HDLC 的帧类型

#### 控制字段帧格式

在 HDLC 的帧格式中，控制字段的帧格式决定 HDLC 帧的类型。

HDLC 有三种类型的帧格式：

- 信息帧：Information format，也称作 I 帧
- 监控帧：Supervisory format，也称作 S 帧
- 无编号帧：Unnumbered format，也称作 U 帧

图 3-2 Control 字段的帧格式

| 0 | 1    | 2 | 3 | 4   | 5 | 6    | 7 |          |
|---|------|---|---|-----|---|------|---|----------|
| 0 | N(S) |   |   | P/F |   | N(R) |   | I format |
| 1 | 0    | S | S | P/F |   | P/F  |   | S format |
| 1 | 1    | M | M | P/F | M | M    | M | U format |

Control 字段帧中的各字段含义如下：

- N(S): Send Sequence Number
- N(R): Receive Sequence Number
- P/F: Poll Bit command frame/Final Bit response frame
- M: 修改功能

- X: 保留标记
- S: 监控功能

控制字段中的第一位或第一位和第二位表示传送帧的类型，即信息帧、监控帧或无编号帧。控制字段的第五位是 P/F 位，即轮询/终止位（Poll/Final）位。

## 信息帧

信息帧用于传送有效信息或数据，通常简称为 I 帧。I 帧以控制字段第一位是二进制数 0 为标志。

控制字段中的 N (S) 用于存放发送帧序列，以便发送方不必等待确认而连续发送多帧。N (R) 用于存放接收方下一个预期要接收的帧的序号。N (S) 与 N (R) 均为 3 位二进制编码，可取值 0 ~ 7。

## 监控帧

监控帧用于差错控制和流量控制，通常称为 S 帧。S 帧以控制字段第一位和第二位是二进制数 10 为标志。

S 帧不带信息字段，只有 6 个字节即 48 个比特。S 帧的控制字段的第三、四位为 S 帧类型编码，共有以下 4 种不同的编码。

- 00  
表示接受就绪 RR (Receiver Ready)。由主节点或从节点发送。  
主节点可以使用 RR 型 S 帧来轮询从节点，即希望从节点传输编号为 N (R) 的 I 帧。若存在这样的帧，便可以传输。  
从节点也可以用 RR 型 S 帧来作响应，表示从节点希望从主节点那里接收的下一个 I 帧的编号是 N (R)。
- 01  
表示拒绝 REJ (Reject)。由主节点或从节点发送。用以要求发送方从编号为 N (R) 开始的帧及其后所有的帧进行重发，这也暗示 N (R) 以前的 I 帧已被正确接收。
- 10  
表示接收未就绪 RNR (Receiver Not Ready)。表示编号小于 N (R) 的 I 帧已被收到，但目前正处于忙状态，尚未准备好接受编号为 N (R) 的 I 帧。  
这可用于对链路进行流量控制。
- 11  
表示选择拒绝 SREJ (Selective Reject)，它要求发送方发送编号为 N (R) 的单个 I 帧，并暗示其他编号的 I 帧已经全部确认。

接收就绪型 S 帧和接收未就绪型 S 帧有以下两个主要功能：

- 这两种类型的 S 帧用来表示从站已经准备好或未准备好信息；
- 确认编号小于 N (R) 的所有接收到的 I 帧。

拒绝型 S 帧和选择拒绝型 S 帧用于向对方节点指出发生了差错。

- 拒绝型 S 帧用于请求重发 N (R) 起始的所有帧，而 N (R) 以前的帧已被确认。当收到一个 N (S) 等于拒绝型 S 帧的 N (R) 的 I 帧后，拒绝状态即可清除。

- 选择拒绝型 S 帧用于选择重发策略，当收到一个 N (S) 等于选择拒绝型 S 帧的 N (R) 的 I 帧后，选择拒绝状态即可清除。

## 无编号帧

无编号帧因其控制字段中不包含编号 N (S) 和 N (R) 而得名，简称 U 帧。

U 帧用于提供对链路的建立、拆除以及多种控制功能，这些控制功能用 5 个 M 位 (M1, M2, M3, M4, M5) 也称修正位来定义。5 个 M 位可以定义 32 种附加的命令功能或 32 种应答功能，但目前有许多是空缺的。

## 3.4.4 IP-Trunk

IP-Trunk 的成员接口只能使用 HDLC 封装形式。IP-Trunk 的原理与 Eth-Trunk 类似，具体请参见《NE80E/40E 特性描述 局域网与城域网接入》中的 Trunk 内容。

## 3.5 应用

### 应用场合

- 就系统结构而言，HDLC 适用于点到点或点到多点式的结构；



NE80E/40E 只支持点到点式的结构，与 PPP 协议类似。

- 就工作方式而言，HDLC 适用于半双工或全双工；
- 就传输方式而言，HDLC 只用于同步传输；
- 在传输速率方面考虑，HDLC 常用于中高速传输。

### 传输效率

HDLC 开始发送一帧后，就要连续不断地发完该帧。HDLC 可以同时确认几个帧。

HDLC 中的每个帧含有地址字段。在多点的结构中，每个从节点只接收含有本节点地址的帧。

因此主节点在选中一个从节点并与之通信的同时，不用拆链，便可以选择其他的节点通信。即，可以同时与多个节点建立链路。

由于以上特点，HDLC 具有较高的传输效率。

### 传输可靠性

HDLC 中所有的帧（包括响应帧）都有 FCS，I 帧按窗口序号顺序编号，传输可靠性比异步通信高。

### 数据透明性

HDLC 采用“0 比特插入法”对数据进行透明传输，传输信息的比特组合模式无任何限制，处理简单。

### 信息传输格式

HDLC 采用统一的帧格式来实现数据、命令和响应的传输，实现起来方便。

## 链路控制

HDLC 利用改变一帧中的控制字段的编码格式来完成各种规定的链路操作功能，提供的是面向比特的传输功能。

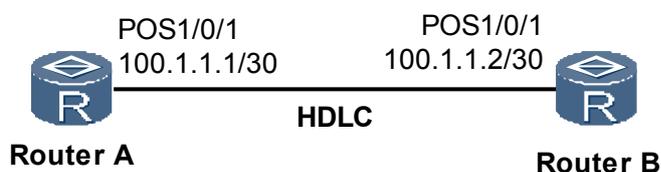
### 3.5.1 HDLC

如图 3-3 所示，两台路由器通过 POS 接口相连，接口上运行 HDLC 协议，承载 IPv4、IPv6 或者 MPLS 等报文。

 说明

目前，POS 接口与 Serial 接口上可以配置封装的链路层协议为 HDLC。

图 3-3 配置 HDLC 典型组网图



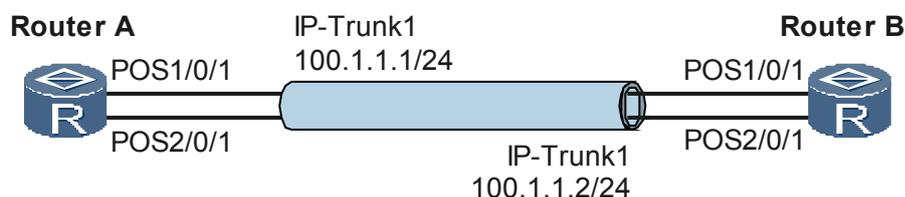
### 3.5.2 IP-Trunk

在一个 IP-Trunk 内，通过对各成员链路配置不同的权重，可以实现流量负载分担。负载分担分为逐流负载分担和逐包负载分担。

- 逐流负载分担：当报文的源 IP 地址和目的 IP 地址都相同时，这些报文从同一个的成员链路上通过。
- 逐包负载分担：以报文为单位分别从不同的成员链路上发送。

如图 3-4 所示，两台路由器通过多对 POS 接口相连，POS 接口加入 IP-Trunk 逻辑链路，承载 IPv4、IPv6 或者 MPLS 等报文。

图 3-4 配置 IP-Trunk 典型组网图



## 3.6 术语与缩略语

### 术语

| 术语  | 描述  |
|-----|---|
| I 帧 | 在 HDLC 帧中，信息帧用于传送有效信息或数据，通常简称为 I 帧。         |
| S 帧 | 在 HDLC 帧中，监控帧用于差错控制和流量控制，通常称为 S 帧。          |
| U 帧 | 在 HDLC 帧中，无编号帧提供对链路的建立、拆除以及多种控制功能，通常称为 U 帧。 |

### 缩略语

| 缩略语 | 英文全称                       | 中文全称   |
|-----|----------------------------|--------|
| NRM | Normal Response Mode       | 正常响应方式 |
| ARM | Asynchronous Response Mode | 异步响应方式 |
| ABM | Asynchronous Balanced Mode | 异步平衡方式 |
| FCS | Frame Check Sequence       | 帧校验序列  |

# 4 PPP 和 MP

---

## 关于本章

- 4.1 介绍
- 4.2 参考标准和协议
- 4.3 特性增强
- 4.4 原理描述
- 4.5 应用
- 4.6 术语与缩略语

## 4.1 介绍

### 定义

PPP（Point-to-Point Protocol）是一种点到点方式的链路层协议。

PPP 主要由三类协议组成：

- 链路控制协议族（Link Control Protocol），主要用来建立、拆除和监控 PPP 数据链路。
- 网络层控制协议族（Network Control Protocol），主要用来协商在该数据链路上所传输的数据包的格式与类型。
- PPP 扩展协议族（如 PPPoE）主要用于提供对 PPP 功能的进一步支持。

同时，PPP 还提供了用于网络安全方面的验证协议族（PAP 和 CHAP）。

当单个同步串口不能满足带宽需求时，可以使用 MP（MultiLink PPP）协议将多个同步串口捆绑成一个接口，以满足用户的带宽需求。

### 目的

PPP 协议主要用在支持全双工的同步或异步链路上，进行点到点之间的数据传输。并且能够提供用户验证。

## 4.2 参考标准和协议

| 文档编号        | 描述   |
|-------------|--|
| RFC166<br>1 | The Point-to-Point Protocol（PPP）                                       |
| RFC105<br>5 | A NONSTANDARD FOR TRANSMISSION OF IP DATAGRAMS OVER SERIAL LINES: SLIP |
| RFC114<br>4 | Compressing TCP/IP headers for low-speed serial links                  |
| RFC171<br>7 | The PPP Multilink Protocol（MP）   |
| RFC133<br>2 | The PPP Internet Protocol Control Protocol（IPCP）                       |
| RFC196<br>2 | The PPP Compression Control Protocol（CCP）                              |

## 4.3 特性增强

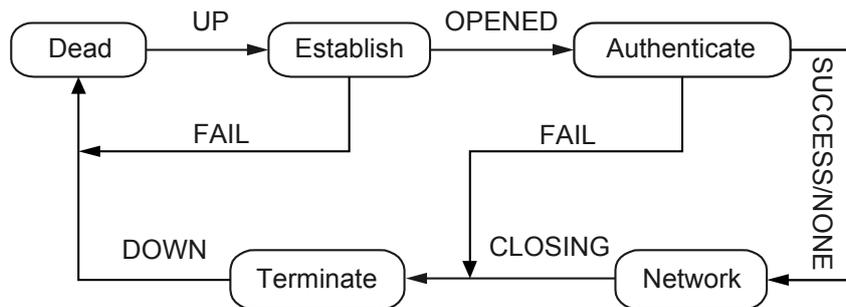
不涉及。

## 4.4 原理描述

### 4.4.1 PPP 的运行过程

PPP 链路的建立是通过一系列的协商完成的。

图 4-1 PPP 运行流程图



PPP 运行的过程如图 4-1 所示。

#### 1. 链路不可用阶段（Dead）

PPP 链路都需从这个阶段开始和结束。

当通信双方的两端检测到物理线路激活（通常是检测到链路上有载波信号）时，就会从链路不可用阶段进入链路建立阶段。

#### 2. 链路建立阶段（Establish）

在 Establish 阶段，PPP 链路进行 LCP 协商。协商内容包括工作方式是 SP（Single-link PPP）还是 MP（Multilink PPP）、最大接收单元 MRU、验证方式、魔术字（magic number）和异步字符映射等选项。

如果 LCP 协商不成功，则返回链路不可用阶段。LCP 协商成功后进入 Opened 状态，表示底层链路已经建立。进入下一个阶段。如果配置了验证，下一个阶段既是验证阶段。如果没有配置验证，下一个阶段就是网络层协议阶段。

#### 3. 验证阶段（Authenticate）

PPP 链路缺省情况下不进行验证。如果要求验证，必须指定验证协议。

PPP 提供两种验证方式。

- PAP: Password Authentication Protocol, 密码验证协议。
- CHAP: Challenge-Handshake Authentication Protocol, 挑战握手验证协议。

如果在这个阶段收到了 Configure-Request 报文，则返回到链路建立阶段。

如果验证通过则进入网络层协议阶段，如果验证不通过则进入网络中止阶段。

#### 4. 网络层协议阶段（Network）

一旦 PPP 完成了前面几个阶段，每种网络层协议（IP、IPX 和 AppleTalk）会通过各自相应的网络控制协议进行配置。当 NCP 的状态机变成 Opened 状态时，则 PPP 就可以开始在链路上承载网络层的数据包报文。

如果在这个阶段收到了 Configure-Request 报文，则返回到链路建立阶段。

#### 5. 网络终止阶段（Terminate）

PPP 能在任何时候终止链路。当载波丢失、认证失败、链路质量检测失败或管理员人为关闭链路等情况均会导致链路终止。

关闭链路是由 LCP 协议完成的，当链路关闭时，链路层会通知网络层做相应的操作，而且也会通过物理层强制关断链路。

## 4.4.2 PPP 的验证协议

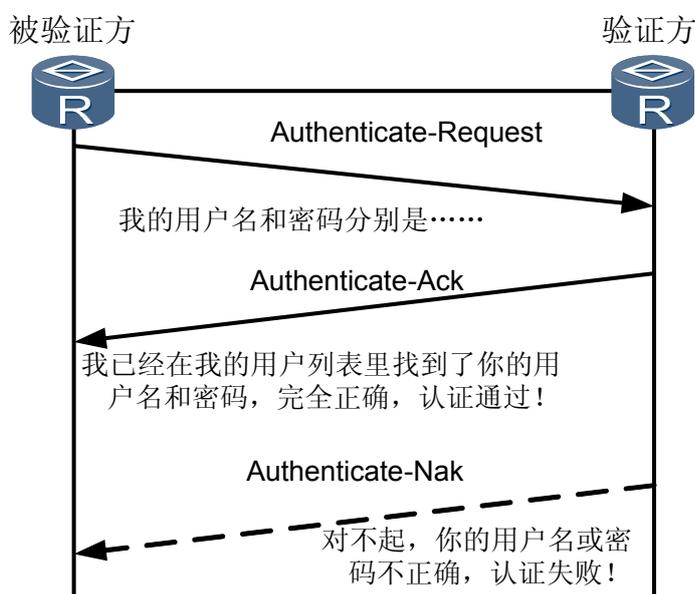
### PAP 验证过程

PAP 验证协议为两次握手验证，口令为明文。验证过程仅在链路初始建立阶段进行。

当链路建立阶段结束后，用户名和密码将由被验证方重复地在链路上发送给验证方，直到验证被通过或者链路连接终止。

PAP 验证的过程如图 4-2 所示。

图 4-2 PAP 认证过程



- 被验证方把本地用户名和口令发送到验证方。
- 验证方根据本地用户表查看是否有被验证方的用户名以及口令是否正确，然后返回不同的响应（接受 **Authenticate-Ack** 或拒绝 **Authenticate-Nak**）。

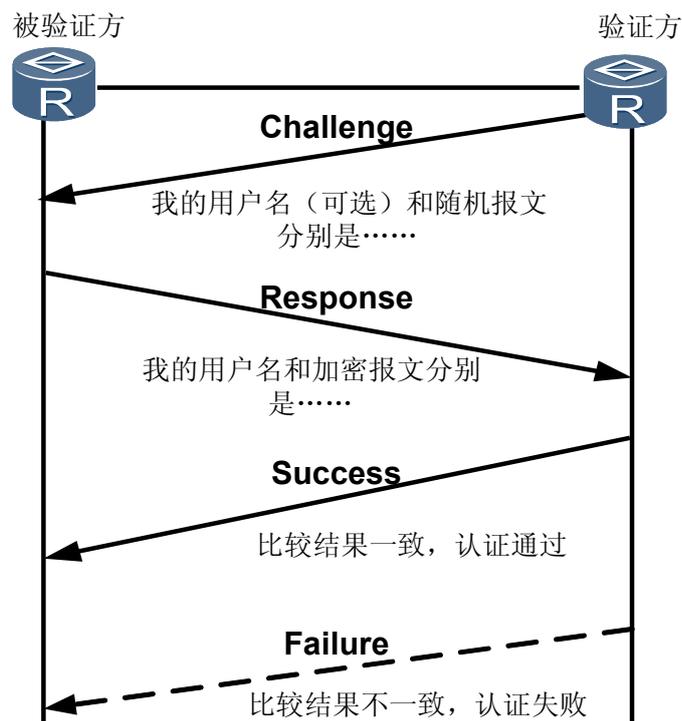
PAP 不是一种安全的验证协议。当验证时，口令以明文方式在链路上发送，并且由于完成 PPP 链路建立后，被验证方会不停地在链路上反复发送用户名和口令，直到身份验证过程结束，所以不能防止攻击。

### CHAP 验证过程

CHAP（Challenge Handshake Authentication Protocol）验证协议为三次握手验证协议。它只在网络上传输用户名，而并不传输用户密码，因此安全性要比 PAP 高。

CHAP 的验证过程如图 4-3 所示。

图 4-3 CHAP 的验证过程



CHAP 单向验证是指一端作为验证方，另一端作为被验证方。双向验证是单向验证的简单叠加，即两端都是既作为验证方又作为被验证方。在实际应用中一般只采用单向验证。

CHAP 单向验证过程分为两种情况：验证方配置了用户名和验证方没有配置用户名。推荐使用验证方配置用户名的方式，这样可以对验证方的用户名进行确认。

- 验证方配置了用户名的验证过程
  - 验证方把随机产生的“质询（Challenge）”报文和本地主机名一起发送给被验证方。
  - 被验证方接收到报文后，根据验证方的用户名在本地用户列表中查找本地口令。根据查找到的口令和质询报文，通过 MD5 算法进行计算得出一个数值，并将计算得出的数值和自己的主机名发回验证方（Response）。
  - 验证方接收到 Response 后，根据其中携带的被验证方主机名，在本地用户表中查找被验证方口令字，找到匹配项后，利用质询报文和被验证方口令字，通过 MD5 算法进行计算得出一个数值，根据此数值与收到的 Response 的结果进行比较，然后返回不同的响应（接受或拒绝）。
- 验证方没有配置用户名

验证方没有配置用户名时，验证方只把“质询”报文发送到被验证方。被验证方直接根据本地接口设置的口令和质询报文通过 MD5 算法计算得出一个数值，并将计算得出的数值和自己的主机名发回验证方。其他过程和验证方配置了用户名时相同。

### 4.4.3 PPP 的报文压缩

NE80E/40E 实现 PPP 协议上的对 IP、UDP、RTP 和 TCP 报文头的压缩，压缩方式有如下三种：

- Stac 压缩：需要协商 CCP（Compression Control Protocol），是对整个 IP 报文的压缩。
- TCP/IP 报文头压缩：需要 IPCP 协商，只压缩报文头部分。  
VJ TCP 头压缩是一种压缩算法，英文全称是 Van Jacobson TCP Header Compression。这种压缩算法能够将 TCP/IP 包头的大小减小到近 3 个字节，从而提高低速线路的效率。VJ TCP 头压缩的详细说明请参见 RFC1144。
- PPP 头压缩：只压缩 PPP 报文头部分。

#### 4.4.4 MP 的运行过程

MP 一些选项的协商是在 LCP 协商过程中完成的，如 MRRU、Endpoint Discriminator（终端描述符）等。

MP 的协商包括 LCP 协商和 NCP 协商两个过程：

- LCP 协商：两端首先进行 LCP 协商，除了协商一般的 LCP 参数外，还要验证对端接口是否也工作在 MP 方式下。如果两端工作方式不同，LCP 协商不成功。
- NCP 协商：根据 MP-Group 接口或指定虚拟接口模板的各项 NCP 参数（如 IP 地址等）进行 NCP 协商，物理接口下配置的 NCP 参数不起作用。

NCP 协商通过后，即可建立 MP 链路。

当采用 MP-Group 方式进行 MP 绑定时，要求加入 MP-Group 组的接口与 MP-Group 接口所在的槽位号和卡号必须相同。可以加入 MP-Group 的接口只能为通道化形成的同步串口。

NE80E/40E 在进行 MP 协商时，缺省情况下要求协商终端标识符。如果对端设备不发送终端标识符，MP 协商将无法通过。这种情况下，可以在本端配置不进行终端标识符协商。

#### 4.4.5 PPP 和 MP 在 NE80E/40E 的支持情况

NE80E/40E 支持在串口或 POS 接口上配置 PPP 协议，实现以下功能：

- 支持 MRU 协商
- PAP 或 CHAP 认证
- 对 IP、UDP 和 RTP 报文头的压缩

NE80E/40E 支持采用 MP-Group 的方式配置 MP。在 NE80E/40E 上，支持 MP 捆绑的接口有：

- STM-1 CPOS 通道化出的 E1/T1 通道形成的同步串口。
- T3 通道化出的 T1 通道形成的同步串口。
- CE1 和 CT1 接口形成的同步串口。

NE80E/40E 不支持跨板及跨子卡绑定 MP，所以同一 MP-Group 中的所有物理接口必须在同一接口板的同一子卡上。两端用于互通的 MP-Group 中捆绑的物理接口数量必须相同。

本端同一个 MP-Group 中绑定了多个物理接口，这些物理接口直连的对端接口也必须被绑定到同一 MP-Group 中。

## 4.5 应用

无。

## 4.6 术语与缩略语

### 术语

无

### 缩略语

| 缩略语  | 英文全称  | 中文全称     |
|------|---|----------|
| PPP  | Point-to-Point Protocol                     | 点到点协议    |
| MP   | MultiLink PPP                               | 多链路 PPP  |
| PAP  | Password Authentication Protocol            | 密码验证协议   |
| CHAP | Challenge-Handshake Authentication Protocol | 挑战握手验证协议 |
| LCP  | Link Control Protocol                       | 链路控制协议   |
| NCP  | Network Control Protocol                    | 网络层控制协议  |
| MRU  | Maximum Receive Unit                        | 最大接收单元   |
| RTP  | Real-time Transport Protocol                | 实时传输协议   |
| CCP  | Compression Control Protocol                | 压缩控制协议   |

# 5 1483B

---

## 关于本章

- 5.1 介绍
- 5.2 参考标准和协议
- 5.3 特性增强
- 5.4 原理描述
- 5.5 应用
- 5.6 术语与缩略语

## 5.1 介绍

### 定义

RFC1483 定义了在一个 ATM 网络上传送多协议数据分组的技术标准。

RFC1483 定义了两种技术标准，包括：

- 1483 桥接协议封装，即 1483 Bridged，针对桥接协议数据分组。  
主要的应用为 IPoEoA 和 PPPoEoA。本文中 RFC1483 桥接协议封装简称为 1483B。
- 1483 路由协议封装，针对路由协议数据分组。  
主要的应用为 IPoA 和 PPPoA。

### 目的

目前，很多运营商的骨干网已经升级为 Ethernet 网络，但是接入侧仍存在着大量的 ATM 链路，因此需要接入层的设备具备 ATM 网络和 Ethernet 桥接的能力。

1483B 提供了一个 ATM 网络向 Ethernet 网络过渡的经济有效的方案，既有效利用已有的 ATM 接入网络，节约运营商成本，又便于运营商开展各种复杂的基于以太网络的组网和业务。

### 受益

运营商受益：

在网络整合和建设中保护用户和运营商的已有投资。

用户受益：

无

## 5.2 参考标准和协议

| 文档编号    | 描述   |
|---------|--|
| RFC1483 | Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5。 |
| RFC2684 | Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5。 |

RFC1483 和 RFC2684（Updated 1483）协议中定义了如何在 ATM 网络上承载多协议数据分组的技术标准。

## 5.3 特性增强

### 动态 PVC

为降低维护成本，避免因扩容等原因引起接入设备 PVC 频繁变化导致需要经常性地在路由器创建相应的 PVC。路由器需要支持 ATM 接口上，没有创建 PVC 的用户报文可以触发动态创建 PVC，PVC 创建后新的用户报文可以触发用户上线。

动态创建 PVC 的过程如下：

- 在 ATM 接口/子接口上使能动态 PVC 特性；
- 当路由器收到某个 PVC 的报文时，如果用户上线报文所在的 PVC 没有创建（可以检查本地 pvct 表判断是否创建），则判断 ATM 物理端口上是否有接口/子接口使能动态 PVC，如果已使能，则触发动态创建 PVC，下次再收到这个 PVC 报文时，通过动态触发创建的 PVC 进行转发；
- 当路由器收到某个 PVC 的报文时，如果用户上线报文所在的 PVC 已创建，则进行用户接入认证或者数据报文转发处理。

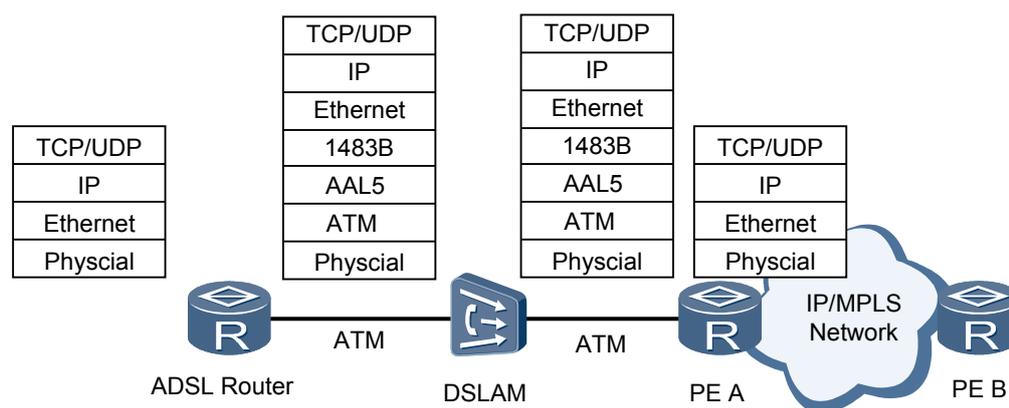
动态 PVC 支持 PPPOA、PPPOEOA、IPOEOA 接入。

## 5.4 原理描述

### 5.4.1 报文结构

1483B 将网络层数据封装在以太网帧内，再将以太网帧作为 ATM 信元净荷，在 ATM 链路上传输，仿真以太网的桥接功能，从而将分散的以太网网络通过 ATM 网络桥接在一起。

图 5-1 1483B 报文封装示意图



如图 5-1 所示，ADSL Router 通过 DSLAM 汇聚后以 ATM 链路接入 PE A，骨干网采用以太网网络。在 ADSL Router 和 PE A 上配置 1483B 功能。

在发送方向，ADSL Router 把用户侧的以太网报文经过 1483B 封装后，在 ATM 适配层作为用户数据。用户数据经过 AAL5 适配后，在 ATM 层作为 ATM 信元净荷，前面加上 ATM 信头后，封装成 ATM 信元送物理层传输。

在接收方向，PE A 通过 ATM 链路收到 1483B 报文。PE A 把从 PVC 上接收到的报文在解除 ATM 封装后，将以太网报文还原，在以太网链路上传输。

## 5.4.2 1483B 在产品上的实现原理

RFC 1483 只是定义了一种技术标准，各个厂商设备的具体实现方式有所不同。

NE80E/40E 通过虚拟以太网接口（Virtual-Ethernet）实现 1483B。

虚拟以太网接口具有以太网接口的属性，通过配置 ATM PVC 与 Virtual-Ethernet 接口的映射关系，实现了在 ATM 上桥接 Ethernet 报文。虚拟以太网接口还可以加入 VLAN，实现 1483B 对 VLAN 的支持。

1483B 在 NE80E/40E 上的实现如下：

1. 首先在设备上创建虚拟以太网接口，虚拟以太网接口和建立映射关系的 PVC 的槽位号必须相同。

### 说明

目前设备只支持同一接口板上的虚拟以太网接口与 PVC 建立映射关系。

2. 虚拟以太网接口和 PVC 建立映射关系。
3. 在虚拟以太网接口上配置业务。

1483B 报文转发过程如下：

1. 转发报文时，首先查找 FIB（Forwarding Information Base）表项，如果在 FIB 中能够查到目的地址的出接口是虚拟以太网接口，直接转换成与该 VE 接口建立映射关系的 PVC，将报文转发出去。
2. 如果在 FIB 表项中没有查到目的地址，则通过 ARP 机制查找目的地址。

设备向 VE 接口下绑定的所有 PVC 发送 ARP 请求消息。当对端 PVC 收到 ARP 请求消息后，系统会检查 ARP 请求中的目的 IP 地址是否是对端 VE 接口。

如果不是，则丢弃该请求报文。

如果找到对应的 VE 接口，则记录接收 ARP 请求的 PVC 信息，并生成 ARP 应答报文。发送端接收到 ARP 应答报文后，会将应答报文的内容和接收到该报文的 PVC 一同记录到 ARP 表项中。

### 说明

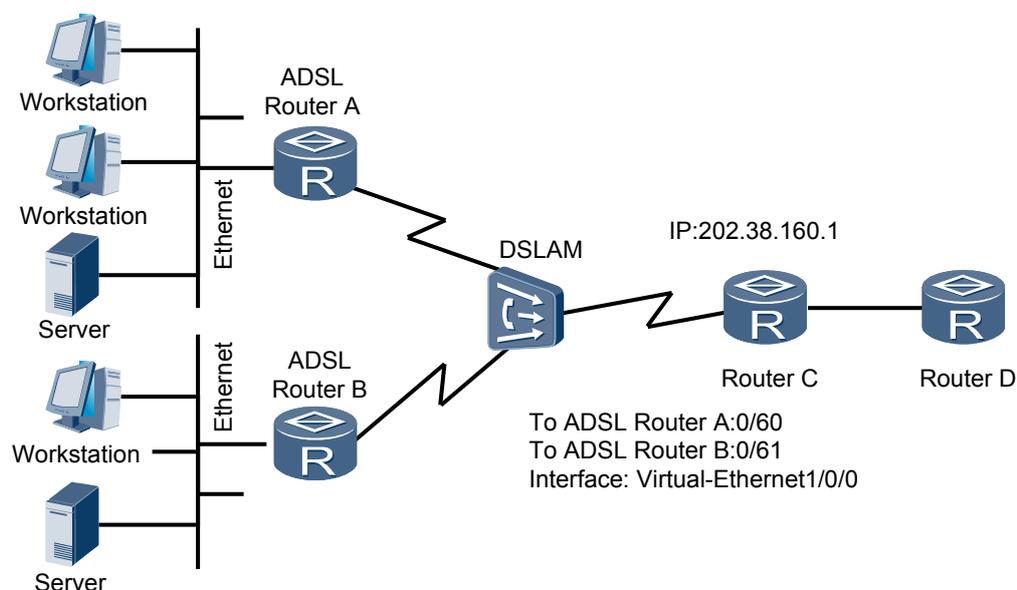
虚拟以太网接口和 PVC 的对应关系是在设备的接口板上维护的。

3. 设备根据 ARP 表更新 FIB，然后根据 FIB 表进行报文转发。

## 5.5 应用

### 5.5.1 基于接口的 1483B

图 5-2 基于接口的 1483B 组网图

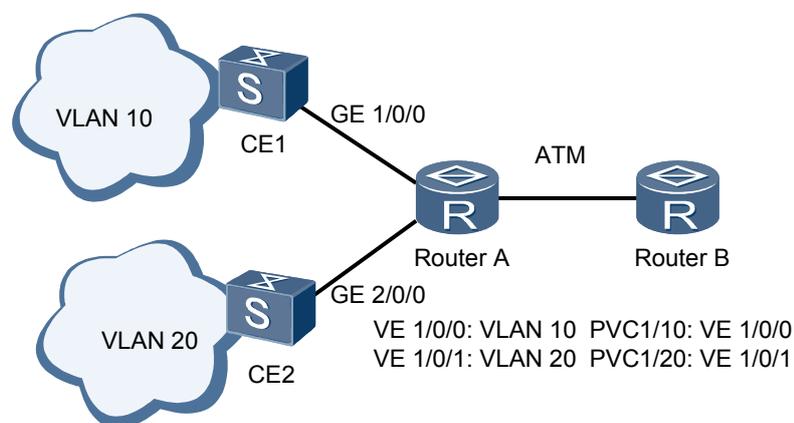


如图 5-2 所示，在 ADSL Router 上已经实现了 Ethernet 到 ATM 链路的桥接。DSLAM 通过 ATM 链路接入 RouterC。RouterC 收到来自 DSLAM 的 IPoEoA 报文。RouterC 上，在 PVC 对应的 VE 接口上配置 IP 地址，可以实现 IPoEoA 终结，RouterC 与 RouterD 的报文交互基于普通 IP 转发。

### 5.5.2 基于 VLAN 的 1483B

#### 1483B 支持 VLAN

图 5-3 基于 VLAN 的 1483B 组网图



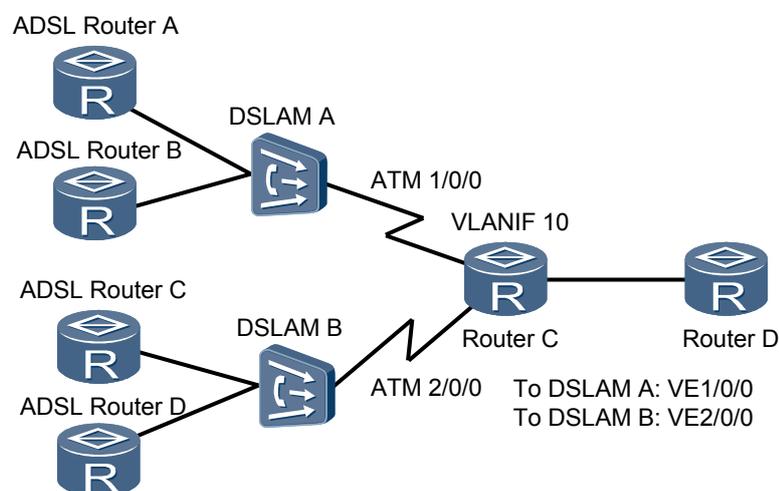
如图 5-3 所示，CE1 和 CE2 分别连接 VLAN 10 和 VLAN 20，通过以太网链路接入 RouterA。RouterA 的 GE1/0/0 和 GE2/0/0 分别属于 VLAN 10 和 VLAN 20。RouterA 和 RouterB 之间为 ATM 链路。

在 RouterA 上，创建 2 个 VE 接口，分别加入 VLAN 10 和 VLAN 20，再配置不同 PVC 与两个 VE 接口的映射关系，就可以实现 ATM 链路接入 VLAN。设备支持多个 PVC 映射到一个 VE 接口，但在此配置过程中，应注意不要跨 ATM 端口绑定，并且不要引起二层环路。

## VLANIF 实现 IPoEoA 终结

由于设备不支持跨接口板建立 VE 与 PVC 的映射关系，当需要把多个接口板的 PVC 和 VE 统一规划时，可以采用 VLANIF 终结 IPoEoA 的方式来实现，增强了 VE 接口的可扩展性和灵活性。

图 5-4 VLANIF 实现 IPoEoA 终结组网图



如图 5-4 所示，RouterC 通过两个 ATM 接口，分别连接 DSLAM A 和 DSLAM B。在 RouterC 上，创建 2 个 VE 接口，分别与连接到 DSLAM A 和 DSLAM B 的 ATM 接口下的 PVC 建立映射关系，实现 IPoEoA。但是，RouterC 不支持跨接口板建立 VE 与 PVC 的映射关系，如果要在 RouterC 上实现对 ATM1/0/0 和 ATM2/0/0 流量的统一规划，就需要采用 VLANIF 终结。

在 RouterC 上建立 VLAN 10，将 VE1/0/0 和 VE2/0/0 都加入 VLAN 10。通过给 VLANIF 10 配置 IP 地址，实现 IPoEoA 终结。此时，RouterC 与 RouterD 的流量全部通过一个 VLANIF 接口完成，实现了跨接口板的 1483B 终结。

## 5.6 术语与缩略语

### 术语

无

### 缩略语

无