



Huawei AR2200-S 系列企业路由器
V200R001C01

特性描述-广域网互联

文档版本 01
发布日期 2012-01-06

版权所有 © 华为技术有限公司 2012。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

客户服务电话： 4008302118

前言

读者对象

本文档针对 AR2200-S 的广域网互联特性，从简介、原理描述和应用三个方面介绍 AR2200-S 支持的各种广域网协议。包括，ATM、FR、PPPoE、PPP 和 MP 等。

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。

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。
 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。

命令行格式约定

格式	意义
粗体	命令行关键字（命令中保持不变、必须照输的部分）采用 加粗 字体表示。
<i>斜体</i>	命令行参数（命令中必须由实际值进行替代的部分）采用 <i>斜体</i> 表示。
[]	表示用“[]”括起来的部分在命令配置时是可选的。
{ x y ... }	表示从两个或多个选项选取一个。
[x y ...]	表示从两个或多个选项选取一个或者不选。
{ x y ... }*	表示从两个或多个选项选取多个，最少选取一个，最多选取所有选项。
[x y ...]*	表示从两个或多个选项选取多个或者不选。
&<1-n>	表示符号&前面的参数可以重复 1 ~ n 次。
#	由“#”开始的行表示为注释行。

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 01 (2012-01-06)

第一次正式发布。

目录

前言.....	ii
1 ATM.....	1
1.1 介绍.....	2
1.2 参考标准和协议.....	2
1.3 可获得性.....	3
1.4 原理描述.....	3
1.4.1 ATM 的层次结构.....	3
1.4.2 ATM 物理层.....	5
1.4.3 ATM 层.....	6
1.4.4 ATM 适配层.....	12
1.4.5 ATM 多协议封装.....	14
1.4.6 ATM 业务类型.....	18
1.5 应用.....	18
1.5.1 IPoA.....	19
1.5.2 IPoEoA.....	19
1.5.3 PPPoA.....	20
1.5.4 PPPoEoA.....	21
1.6 术语与缩略语.....	22
2 帧中继.....	25
2.1 介绍.....	26
2.2 参考标准和协议.....	26
2.3 可获得性.....	27
2.4 原理描述.....	28
2.4.1 帧中继基本概念.....	28
2.4.2 LMI 协议.....	29
2.4.3 InARP 协议.....	34
2.4.4 帧中继的基本原理.....	35
2.4.5 帧中继子接口.....	36
2.4.6 帧中继 QoS.....	38
2.4.7 MFR.....	40
2.4.8 PPPoFR/MPoFR.....	42
2.4.9 FRoISDN.....	42

2.4.10 PVC GROUP.....	43
2.5 应用.....	44
2.5.1 帧中继接入.....	44
2.5.2 MFR.....	45
2.5.3 PPPoFR/MPoFR.....	45
2.5.4 FRoISDN.....	45
2.5.5 PVC GROUP.....	46
2.6 术语与缩略语.....	46
3 PPP 和 MP.....	49
3.1 介绍.....	50
3.2 参考标准和协议.....	50
3.3 可获得性.....	51
3.4 原理描述.....	51
3.4.1 PPP 的基本构架.....	51
3.4.2 PPP 报文格式.....	52
3.4.3 PPP 的建链过程.....	55
3.4.4 PPP 的 PAP 验证协议.....	58
3.4.5 PPP 的 CHAP 验证协议.....	61
3.4.6 MP 的协商过程.....	65
3.5 应用.....	66
3.5.1 PPP.....	66
3.5.2 MP.....	66
3.6 术语与缩略语.....	67
4 PPPoE.....	68
4.1 介绍.....	69
4.2 参考标准和协议.....	69
4.3 可获得性.....	69
4.4 原理描述.....	70
4.4.1 PPPoE 帧格式.....	70
4.4.2 PPPoE 会话建立过程.....	73
4.5 应用.....	78
4.5.1 PPPoE Client.....	78
4.5.2 PPPoE Server.....	79
4.6 术语与缩略语.....	79
5 ISDN.....	81
5.1 介绍.....	82
5.2 参考标准和协议.....	82
5.3 可获得性.....	83
5.4 原理描述.....	83
5.4.1 ISDN 协议架构.....	83
5.4.2 ISDN 二层协议.....	84

5.4.3 ISDN 三层协议.....	85
5.5 应用.....	87
5.5.1 ISDN 拨号接入.....	87
5.5.2 ISDN 专线.....	88
5.6 术语与缩略语.....	88
6 HDLC.....	89
6.1 介绍.....	90
6.2 参考标准和协议.....	90
6.3 可获得性.....	90
6.4 原理描述.....	91
6.4.1 HDLC.....	91
6.5 应用.....	92
6.5.1 HDLC.....	92
6.6 术语与缩略语.....	93
7 DCC.....	94
7.1 介绍.....	95
7.2 参考标准和协议.....	95
7.3 可获得性.....	95
7.4 原理描述.....	96
7.4.1 轮询 DCC.....	96
7.4.2 共享 DCC.....	97
7.4.3 动态路由备份.....	98
7.5 应用.....	100
7.6 术语与缩略语.....	101

1 ATM

关于本章

介绍了 ATM 接口及协议的基本原理、基本概念和各种应用。

[1.1 介绍](#)

[1.2 参考标准和协议](#)

[1.3 可获得性](#)

[1.4 原理描述](#)

[1.5 应用](#)

[1.6 术语与缩略语](#)

1.1 介绍

定义

ATM 是原国际电报电话咨询委员会 CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee)，也就是现在的国际电信联盟-电信标准部 ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) 1992 年 6 月定义的信元 (Cell) 传输标准。

ATM 交换中分组长度固定是 53 字节，简称为信元。根据 ITU-T 定义，ATM 以信元为基本单位进行信息传输、复用和交换。如语音、视频和数据等各种服务类型的信息都是以固定长度的信元为单位来传输的，这样有利于信息的快速传输。

目的

ATM 为具有统一结构的网络提供了一种通用且适于不同业务的面向连接型的转移模式。

在千兆以太网技术之前，业界似乎比较倾向于在网络的主干采用 ATM 骨干交换机，以提供高带宽的保证。的确，ATM 曾经以高带宽、提供良好 QoS、传送语音、数据和视频多媒体信息等优点，在网络技术中独树一帜。

但是 ATM 最初的构想是通过 ATM 技术可以解决所有的网络通信问题。由于从一开始定位实现的目标太理想化，从而导致 ATM 实现非常复杂。由于 ATM 技术过于完善，其协议体系的复杂性造成了 ATM 系统研制、配置、管理和故障定位的难度。

所以 ATM 网络设备也非常昂贵，价格一直居高不下。ATM 诞生后始终没有机会建立一个纯 ATM 网来表现其卓越的性能。

到了 90 年代后期，Internet 及相应的 IP 技术以其简单性和灵活性在市场上压倒了 ATM，在应用领域取得了迅猛的发展，使 B-ISDN 计划受到严重冲击。

现在 ATM 更多应用于数据链路层，主要用来传输 IP 分组。不过，ATM 在提供有质量保证的综合业务传送能力方面的优势无可置疑，它仍被公认为 B-ISDN 的最佳传输技术。于是，IP 和 ATM 技术结合起来，形成了 IP over ATM 技术建设宽带网络的新时期。

1.2 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
RFC1755	ATM Signaling Support for IP over ATM
RFC1926	An Experimental Encapsulation of IP Datagrams on Top of ATM
RFC1932	IP over ATM:A Framework Document
RFC2684	Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5

1.3 可获得性

涉及网元

IPoA、IPoEoA、PPPoA、PPPoEoA 应用时，AR2200-S 设备需要和 DSLAM 及 BRAS 设备配合使用。

License 支持

本特性不需要 License 支持。

版本支持

表 1-1 ATM 特性的版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

硬件要求

AR2200-S 设备上需要插入 ADSL-A/M、ADSL-B 或 4G.SHDSL 单板。

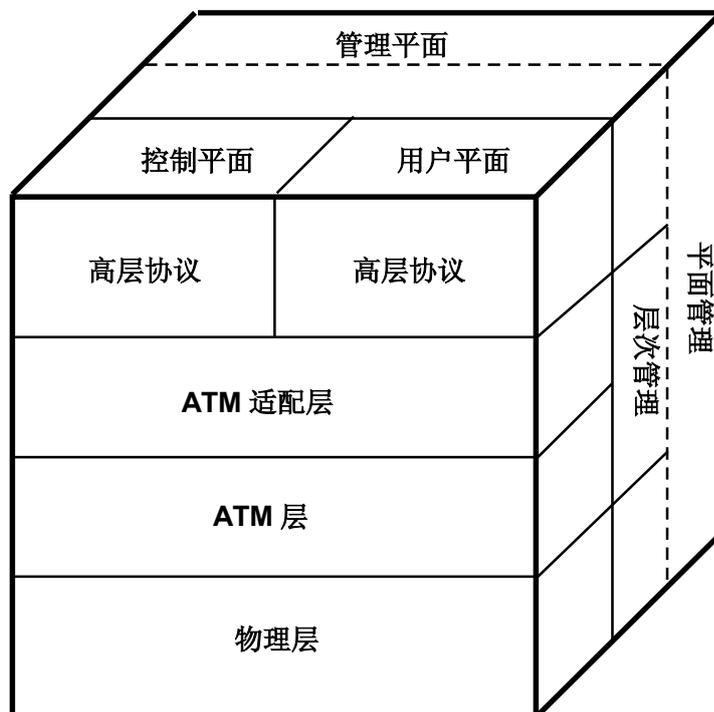
1.4 原理描述

1.4.1 ATM 的层次结构

ATM 参考模型

ATM 参考模型的各平面与各层的关系请见图 1-1。

图 1-1 ATM 参考模型图



ATM 参考模型由以下三个平面组成。

- 控制平面：该平面负责生成和管理信令请求，主要通过信令协议完成连接的建立、监视和拆除。
- 用户平面：该平面负责管理数据的传输。
- 管理平面：该平面包括两部分功能：
 - 层次管理：负责管理各平面中的各层。具有与其它平面相对应的层次结构。
 - 平面管理：负责管理系统和各平面之间的通信。

ATM 参考模型又由以下四个层组成。

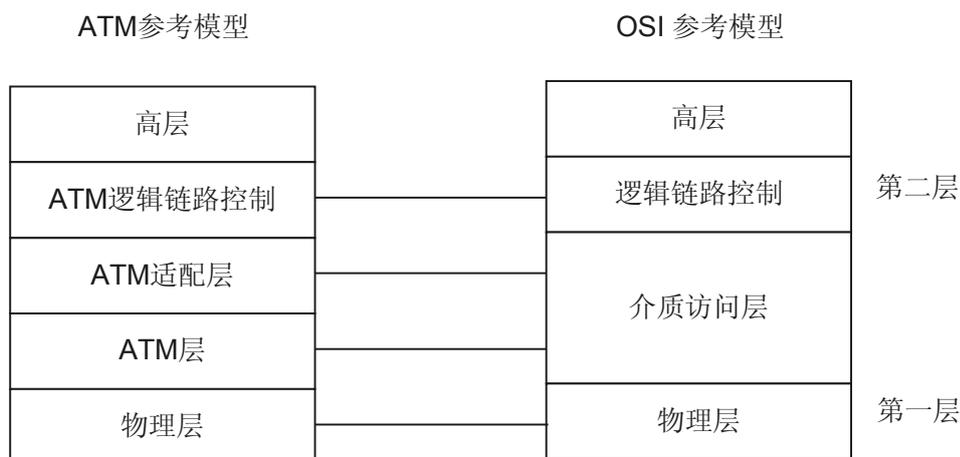
- 物理层：与 OSI 参考模型的物理层类似，主要管理与介质相关的传输。
- ATM 层：与 ATM 适配层结合在一起，与 OSI 参考模型的数据链路层类似。ATM 层主要负责共享物理链路上的虚电路和在 ATM 网络中传输 ATM 信元。
- ATM 适配层 AAL (ATM Adaptation Layer)：与 ATM 层结合在一起，与 OSI 参考模型的数据链路层类似。ATM 适配层主要负责把高层协议与 ATM 层的详细处理隔离开。它主要准备用户数据到信元的转换及将用户数据分割成 48 字节大小的信元有效载荷。
- 高层：接收用户数据，将其组成数据包，然后交给 ATM 适配层处理。

ATM 的每个平面都跨越所有层。ATM 参考模型的各层中还有更精细的子层划分，将在本章后续部分进行介绍。

ATM 参考模型与 OSI 参考模型和 TCP/IP 参考模型都不相同。

ATM 参考模型和 OSI 参考模型层次结构的比较如图 1-2 所示。

图 1-2 ATM 参考模型和 OSI 参考模型比较



ATM 各层和子层的功能概述

ATM 参考模型中的各层和子层的功能概括如表 1-2 所示。

表 1-2 ATM 参考模型中各层和子层的功能

ATM 参考模型的层次	ATM 参考模型的子层	功能
AAL 层	CS	汇聚子层，提供标准的接口。
	SAR	分段和重组子层。
ATM 层		<ul style="list-style-type: none"> ● 流控制 ● 信元头的生成和提取 ● 虚电路 VPI/VCI 管理 ● 信元多路复用/解复用
物理层	TC	<ul style="list-style-type: none"> ● 信元速率解耦合 ● 头部校验和的生成和检验 ● 信元的产生、适配和恢复
	PMD	<ul style="list-style-type: none"> ● 时钟恢复 ● 线路编码 ● 物理网络访问

ATM 参考模型中各层和子层的详细功能介绍请参看本文档后面的介绍。

1.4.2 ATM 物理层

ATM 物理层位于 ATM 参考模型的底层，它涉及具体的传输介质。ATM 物理层主要在高层与传输介质之间传送有效的信元和相应的定时信号。

AR2200-S 设备的 ADSL 接口和 G.SHDSL 接口支持工作在 ATM 模式，提供 ATM 特性。因此，对于 AR2200-S 设备来说，ATM 物理层即为 ADSL 接口或 G.SHDSL 接口。

AR2200-S 支持的 G.SHDSL 接口的传输标准为：

- G.991.2 Annex A: G.991.2 Annex A 标准为北美标准。
- G.991.2 Annex B: G.991.2 Annex B 标准为欧洲标准。

AR2200-S 支持的 ADSL 接口的传输标准为：

- G.DMT (G992.1)
- ADSL2 (G992.3)
- ADSL2+ (G992.5)
- T1.413
- AnnexL
- AnnexM



AR2200-S 支持的 ADSL 单板分为 ADSL-A/M 和 ADSL-B，仅 ADSL-A/M 支持此标准。

具体标准内容请参见 ITU-T 颁布的标准。

1.4.3 ATM 层

ATM 层的基本功能

ATM 层位于物理层之上，负责通过 ATM 网络对信元进行交换和多路复用。

输入 ATM 层的是 48 字节的净荷，被称为分段和重组协议数据单元 SAR-PDU (Segmentation And Reassembly-Protocol Data Unit)，而 ATM 层输出的则是 53 字节的信元，该信元将传送到物理层进行传输。

ATM 层的基本功能概括讲有以下三点：

- 负责产生 5 个字节的信元头和对信元头的校验
- 传输虚电路号 VPI/VCI，对信元进行多路复用/解复用
- 一般流量控制 GFC (Generic Flow Control)

ATM 的网络接口

ATM 网络由一组通过点到点的 ATM 接口互连的 ATM 交换机构成。ATM 网络接口类型主要有以下几种：

- 用户网络接口

UNI (User-to-Network Interface) 是指连接外围设备与 ATM 交换机之间的接口。

根据交换机是由客户端所有还是由运营商所有，UNI 还可以分为两种：公共 UNI 和专有 UNI。

专有 UNI 将 ATM 外围设备连接到专有 ATM 交换机上；公共 UNI 将 ATM 外围设备或 ATM 专有交换机连接到公共交换机上。

- 网络-网络接口

NNI (Network-to-Network Interface) 是指连接 ATM 交换机之间的接口。

根据交换机是由客户端所有还是由运营商所有，NNI 也可以分为两种：公共 NNI 和专有 NNI。

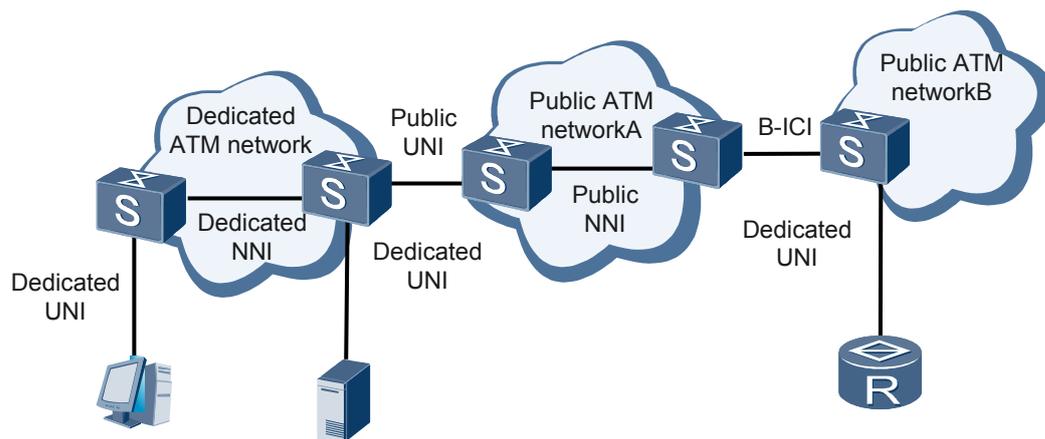
专用 NNI 连接同一专有 ATM 网络的两台交换机，是在专用 ATM 网络内使用的；公共 NNI 则连接同一公共网络运营商的两台 ATM 交换机，由一个 ATM 服务提供商使用。

- 宽带载波间接口

B-ICI (B-ISDN Inter Carrier Interface) 接口是指连接不同网络运营商的公共交换机之间的接口，提供对多个 ATM 网络运营商的内部连接。B-ICI 与 NNI 直接相连。

各种 ATM 网络接口的连接如图 1-3 所示。

图 1-3 专用和公共网络的 ATM 网络接口



说明

AR2200-S 支持的 ATM 网络接口类型只有“用户网络接口”。

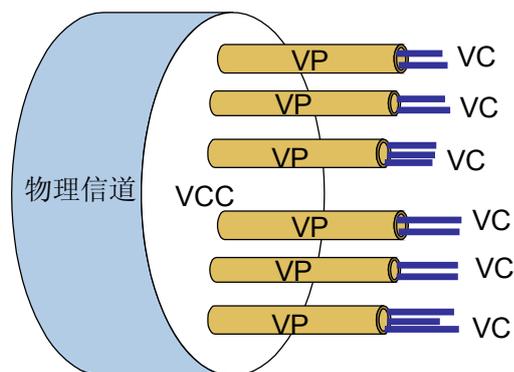
ATM 虚电路

在 ATM 中，使用 VPI/VCI 来标识一条虚电路。VPI/VCI 的值只是在本地接口才有意义。

VPI 用于标识虚电路连接的虚通道号，而 VCI 用于标识虚通道中的虚电路号。两者的组合构成了虚拟连接标识符。

如图 1-4 所示，一条虚电路连接 VCC (Virtual Circuit Connection) 包含了多条虚通道 VP，一条 VP 又包含了多条虚电路 VC。

图 1-4 VP 和 VC 的关系图



虚通道概念的发展是为了适应高速网络的趋势，在这种网络中，网络控制开销占整个网络开销的比例正在日益增大。虚通道技术通过将共享网络中相同通道的连接绑定为一个单元来降低控制开销。这样，网络管理就可以只处理数量较少的连接组而不是大量的独立连接。

在 ATM 通信中，ATM 交换机根据输入信元的 VPI/VCI 标识和在连接建立时产生的路由表，把到达的信元交换到相应的输出接口。同时，将信元中的 VPI/VCI 改变为接口的 VPI/VCI，完成 VP 交换或 VC 交换以及数据的转发。

ATM 虚电路有三种，分别是永久虚电路 PVC、交换虚电路 SVC（Switched Virtual Circuit）和 Soft VC（Soft Virtual Circuit）。

- PVC 是通过管理员静态配置的，一旦连接就不会自动释放。适合一直使用有高级需求的连接。

- SVC 是通过信令方式建立的，可以通过命令的方式建立连接和释放。

每个节点收到其他节点发来的建立请求时，如果满足配置要求，需要向此节点发送连接响应信息。等连接建立后再向下一个目标节点发送建立连接请求。

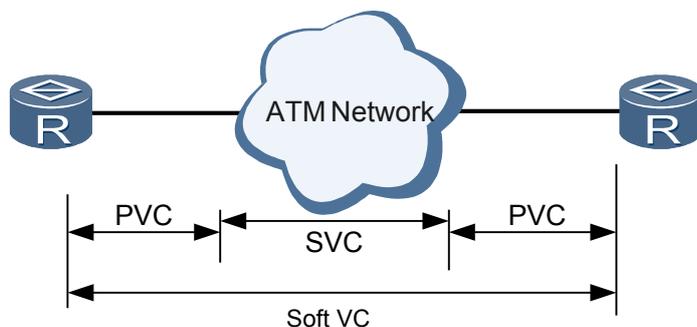
链路的释放过程同建立连接类似。

- Soft VC 是指 ATM 网络是基于 SVC 的，而外围设备通过 PVC 方式接入 ATM 网络中。

Soft VC 建立步骤同 SVC 类似。唯一不同的是，外围设备和 ATM 交换机入口出口间必须手工配置 PVC。

这种方式的优点是，PVC 连接到用户便于对用户的管理。而 SVC 又能保障骨干链路的合理利用。

图 1-5 Soft VC



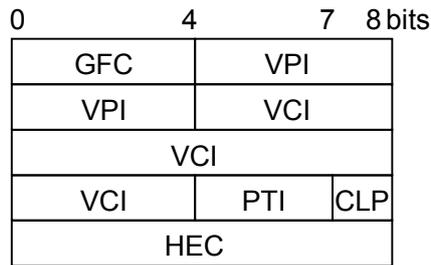
ATM 信元头格式

ATM 信元头根据网络接口的不同分为 UNI 和 NNI 两种信元头类型。

UNI 信元头用于在 ATM 专用网络中的 ATM 终端设备和 ATM 交换机间的通信。

UNI 信元头格式如图 1-6 所示。

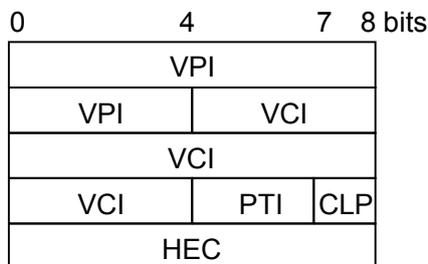
图 1-6 ATM UNI 信元头格式



NNI 信元头格式用于两个 ATM 交换机之间的通信。

NNI 信元头格式如图 1-7 所示。

图 1-7 ATM NNI 信元头格式



上面两个图中的各字段解释如下。

- GFC: 一般流量控制, 长度是 4 比特, 只用于 UNI 接口, 进行流量控制或在共享媒体的网络中标识不同的接入访问。
- VPI: 虚通道标识符, 在 UNI 中长度是 8 比特, 可标识 256 个 VP; 在 NNI 中长度是 12 比特, 可标识 4096 个 VP。
- VCI: 虚通路标识符, 长度是 16 比特, 可标识 65536 个 VC。
- CLP: 信元丢弃优先等级 (Cell Loss Priority), 长度是 1 比特, 用于拥塞控制。发生拥塞时优先丢弃 CLP=1 的信元。
- PTI: 净荷类型标识 (Payload Type Indicator), 长度是 3 比特, 用于标识净荷的类型。
- HEC: 信头差错控制, 长度是 8 比特, 用于信元头中的差错控制和信元定界。可纠正 1 位错码, 发现多位错码。在物理层进行 HEC 处理。

对于一些特定的 VPI/VCI 值已经保留作为特殊信元使用, 下面对它们进行简单介绍。

- 空闲信元: VPI=0, VCI=0, PTI=0, CLP=1, 用于速率适配。
- 未赋值信元: VPI=0, VCI=0, PTI=任意值, CLP=1。
- OAM 信元:
 - 对于 VP, VCI=3 用于 VP 链路; VCI=4 用于 VP 连接。
 - 对于 VC, PTI=4 用于 VC 链路; PTI=5 用于 VC 连接。

- 信令信元：它分为以下三种类型：
 - 元信令信元：VPI 为任意值，VCI=1。
 - 一般广播信令信元：VPI 为任意值，VCI=2。
 - 点对点信令信元：VPI 为任意值，VCI=5。
- 净荷类型 PT (Payload Type)：该域长度是 3 比特。用于标识信息域，也就是净荷的类型。下面列出的是 ITU-T I.361 已定义的 PT 值及其含义。
 - PT=000：用户数据信元，未经历拥塞，ATM 层用户到 ATM 层用户指示 AUU (ATM User to User) 为 0。
 - PT=001：用户数据信元，未经历拥塞，AUU=1。
 - PT=010：用户数据信元，经历拥塞，AUU=0。
 - PT=011：用户数据信元，经历拥塞，AUU=1。
 - PT=100：OAM F5 段相关信元。
 - PT=101：OAM F5 端到端相关信元。
 - PT=110：资源管理信元。
 - PT=111：将来用。

由此可见，当信元用于承载用户数据时：

- PT 第一位为 0。
- 第二位标识信元是否经历拥塞，这一位可通过处于拥塞的网络节点设置。
- 第三位是 AUU 指示，其中，AUU=0 表明对应的 SAR-PDU 是起始段或中间段，AUU=1 表明为结束段。

ATM OAM

OAM (Operation, Administration and Maintenance) 提供了一种不中断业务的故障检测、故障定位和性能检测功能。ITU-T B-ISDN (Broadband-Integrated Services Digital Network) 系列的 I.610 定义了 ATM 网络的 OAM 功能，将 ATM 网络中的 OAM 功能划分为如表 1-3 所示的 5 层。

表 1-3 OAM 功能层次划分

层次	说明
F1: 再生段层	物理层 OAM: 物理层 OAM 流依赖于具体传输系统的传输机制，ATM 网络中包括三种传输机制： ● 基于 SDH 的传输系统 (G.707 和 G.783 中定义)； ● 基于信元的传输系统 (I.432.1、I.432.2 和 I.432.4 中定义)； ● 基于 PDH 的传输系统 (G.702、G.804 和 G.832 中定义)。
F2: 数字段层	
F3: 传输通道层	
F4: VP (Virtual Path) 层	ATM 层 OAM: 基于 VP/VC 的 OAM 功能，不依赖于传输系统。
F5: VC (Virtual Channel) 层	

其中，在 ATM 层定义了两种操作流：F4 和 F5。

- F4 流为 VPC（Virtual Path Connect）中的 OAM 信元流，提供 VP 级的操作管理与维护功能；
- F5 流为 VCC（Virtual Channel Connect）中的 OAM 信元流，提供 VC 级的操作管理与维护功能。

当 OAM 在 F4 和 F5 上被激活之后，特定的 OAM 信元就被插入到用户信元中，和其他的用户信元在相同的物理通道上传输并占用一定的带宽。

F4 和 F5 流支持四种类型的 OAM 信元：故障管理 OAM 信元，性能管理 OAM 信元，激活-去激活 OAM 信元和系统管理 OAM 信元，如表 1-4。

表 1-4 ATM 层 OAM 功能

信元类型	内容	说明
FM（故障管理）	AIS（用于向下游报告错误）	故障管理 OAM 信元用来实现 in-service（实时、不中断业务）的故障检测和故障定位。
	RDI（用于向上游报告错误）	
	LoopBack（用于链路通断性检测和错误定位）	
	CC（连续性检测）	
PM（性能管理）	FM（前向性能监视）	性能管理 OAM 信元用来实现性能监测的功能。
	BM（后向性能监视）	
Active/Deactive（激活/去激活）	Active PM（激活性能监视功能）	激活/去激活 OAM 信元用来激活和去激活 OAM 信元的产生和处理。
	Active CC（激活连续检测功能）	
	Deactive PM（去激活性能监视功能）	
	Deactive CC（去激活连续检测功能）	
SM（系统管理）	仅可由终端系统使用	系统管理 OAM 信元用来维护和控制终端用户设备之间的不同功能，只能在端到端的 F4/F5 上存在。

在 ATM 网络中，实现 OAM 功能节点有以下三种类型：

- 端端点
在 I.610 中定义为 ATM 网络连接的端点，一般指 ATM 网络的边界。端端点是一切 OAM 信元的终结点。如果端端点监测到链路故障，它不向下游插入 OAM 信元，而是反方向插入端 RDI（Remote Defect Indication）信元，告知上游链路故障。

- 段端点
在 I.610 中定义为段的端点。一条 ATM 链路可以由多个段组成。段端点不能终结端信元，但终结所有段信元。段端点监测到故障后只会向下游插入端 AIS（Alarm Indication Signal）信元，同时反向插入段 RDI 信元。
- 中间点
位于两个段或端端点之间的 OAM 节点，可以再分为端中间点和段中间点。中间点不终结任何信元，段、端信元都能透传过去。如果中间点监测到链路故障，它将向下游发送段 AIS 信元和端 AIS 信元。

AR2200-S 设备支持 VC 层 OAM（F5），支持故障管理 OAM 信元。AR2200-S 设备实现 OAM 功能时，只能作为端端点。

1.4.4 ATM 适配层

AAL 的层次

AAL 是高层协议与 ATM 层间的接口，主要负责转发 ATM 层与高层协议之间的信息。

AAL 位于 ATM 层之上，与 OSI 参考模型的数据链路层相对应。

AAL 分为以下两层：

- 汇聚子层
汇聚子层 CS（Convergence Sub-layer）又包含以下两层：
 - 业务特定汇聚子层 SSCS（Service Special Convergence Sub-layer）
 - 公共部分汇聚子层 CPCS（Common Part Convergence Sub-layer）CS 子层的作用是将上层的信息转化为一种适应分段的，相同大小的 ATM 净荷。SSCS 部分与各种业务的特性相关联。CPCS 则通过在帧的前后加入可变长度的填充字符来形成帧，进行错误检测。同时支持通过填充使帧成为净荷（48 字节）的整数倍。
- 分组和重组子层
分组和重组子层 SAR（Segmentation And Reassembly）的作用是在外围设备向外发送数据时，把聚合的帧分成相等大小的 48 字节净荷；在外围设备接收数据时，把 48 字节的净荷重新组装为聚合帧。

AAL 的类型

目前，已经提出 4 种类型的 AAL：AAL1、AAL2、AAL3/4 和 AAL5，每一种类型支持 ATM 网中某些特征业务。大多数 ATM 设备制造商现在生产的产品普遍采用 AAL5 来支持数据通信业务。

说明

AR2200-S 设备仅支持 AAL5。

- AAL1
AAL1 用于 CBR（Constant Bit Rate）类型，以固定的间隔发送数据。
AAL1 使用 48 字节净荷内的一部分承载如序列号 SN（Sequence Number）和序列号保护 SNP（Sequence Number Protection）等附加信息。其中 SN 包括 1 位汇聚子层指示 CSI（Convergence Sub-layer Identifier）和 3 位序列计数 SC（Sequence Counting）。CSI 还用于定时。

- AAL2

AAL2 与 AAL1 相比，主要改进的地方是可以传输压缩语音，以及可以在 ISDN 内实现通用信道信令 CCS（Common Channel Signaling）。

在 ITU-T 363.2 规范中定义了 AAL2 的细节。

AAL2 支持以 5.3 Kbit/s 的上限速率处理压缩语音，实现了静音检测、抑制、消除和 CCS。并提供了更大的带宽利用率。也提供了把小分组封装到一个或多个 ATM 信元的功能。

AAL2 的 CS 子层也是分为 CPCS 和 SSCS，SSCS 在 CPCS 之上。在 CPCS 上，可以识别 AAL2 用户的基本结构、进行差错检验、对数据封装或分解各种净荷。

AAL2 的特殊之处是允许在一个 ATM 信元内或在多个 ATM 信元内存在可变长度的净荷。

- AAL3/4

AAL3/4 是第一种尝试实现信元延迟的技术，规定面向连接和无连接的数据传输。

CPCS 的作用是差错检测和处理，标识将要传输的 CPCS-SDU（Service Data Unit）并决定 CPCS-PDU 的长度。

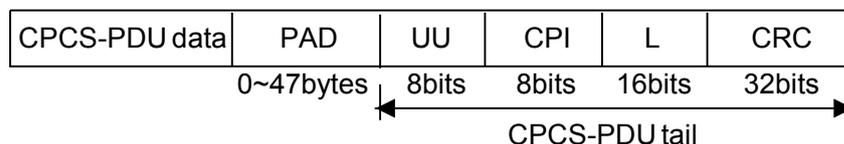
- AAL5

AAL5 也能够处理面向连接和无连接的数据。AAL5 被称为简单和有效的适配层。它使用整个 48 字节承载净荷。没有使用额外的信息位，没有序列号，没有信元差错等功能。

AAL5 SAR 子层非常简单，只是将 CPCS-PDU 划分成 48 字节长的 SAR-PDU，不需要任何开销，在接收时实现逆向功能。

AAL5 CPCS 子层 CPCS-PDU 格式如图 1-8 所示。

图 1-8 CPCS-PDU 格式



CPCS-PDU 净荷的长度是可变的，取值范围是 1 ~ 65535 字节。

在图 1-8 中可以看到，没有 CPCS-PDU 头，但 CPCS-PDU 尾部占 8 个字节。下面对各个字段做简要说明：

- PAD：填充位，使整个 CPCS-PDU 长度为 48 字节的整数倍。
- UU：用于 CPCS 用户信息的透明传输。
- CPI：用作使 CPCS-PDU 尾部长为 8 个字节。
- L：指示 CPCS-PDU 的净载荷长度。
- CRC：保护 CPCS-PDU。

AAL5 的汇聚子层内的 SSCS 同 AAL3/4 类似，CPCS 也是被所有高层共用。CPCS 对差错进行检查和处理，填充字节完成 48 字节的净荷，丢弃收到不完整的 CPCS-PDU。

1.4.5 ATM 多协议封装

RFC2684 中描述的 ATM 多协议封装定义了以 AAL5 帧格式在一个 ATM 网络上传送多协议数据分组的技术标准。

RFC 定义了以下两种格式的封装，它们都是通过 AAL5 的 CPCS 负载区来承载 PDU。AAL5 CPCS-PDU 的格式如 [图 1-8](#) 所示。

- 逻辑链路控制/子网接入点 LLC/SNAP (Logical Link Control/Sub-Network Attachment Point)，是 RFC2684 中使用的缺省封装技术。
- LLC/SNAP 允许在单一的 ATM 虚电路上复用多种协议，承载 PDU 的协议类型通过给 PDU 加一个 IEEE802.2 标准的逻辑链路控制 LLC (Logical Link Control) 头部来标识。
- VC 复用
- VC 复用将高层协议类型承载在 ATM 虚电路上，每一种协议都承载在不同的 ATM 虚电路上。

LLC/SNAP 封装

当需要在相同的一条 VC 上传输多种协议时，就需要使用 LLC 封装。为了保证接收端正确地处理接收到的 AAL5 CPCS-PDU 报文，承载区必须包含必要的信息来标识是路由协议还是桥接协议。在 LLC 封装中，这些信息在承载 PDU 前面的 LLC 头中进行定义。

LLC 有两种类型：

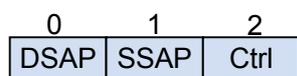
- LLC 类型 1: unacknowledged connectionless mode
- LLC 类型 2: connection-mode

本文档中提到的 LLC，如没有特殊说明，都是指的 LLC 类型 1，在 LLC 类型 2 中的应用类似。

- LLC 封装路由协议

在 LLC 封装中，路由 PDU 的协议类型必须由每个 PDU 的 IEEE802.2 LLC 头的前缀定义。LLC 头必须包括三个长度都是 1 字节的字段，如 [图 1-9](#) 所示。

图 1-9 LLC 头结构



在 LLC 封装路由协议中，

- LLC 头的值是 0xFE-FE-03，标识后面是 ISO NLPID 格式的路由 PDU。
- Ctrl 字段的值是 0x03，指定是无编号的信息命令 PDU。

因此，对于 ISO NLPID 格式的路由 PDU，AAL5 CPCS-PDU 有效载荷的格式如 [图 1-10](#) 所示。

图 1-10 NLPID 格式的路由 PDU 的格式

LLC 0xFE-FE-03
ISO PDU
PAD
CPCS-UU
CPI
Length
CRC

各字段的长度如下所示：

- LLC：固定值是 0xFE-FE-03。
- ISO PDU：长度范围是 1 ~ 65532，单位是字节。
- PAD：长度范围是 0 ~ 47，单位是字节。
- CPCS-UU：长度范围是 1，单位是字节。
- CPI：长度范围是 1，单位是字节。
- Length：长度范围是 2，单位是字节。
- CRC：长度范围是 4，单位是字节。

ISO 路由协议必须由一个字节的 NLPID（Network Layer Protocol Identifier）字段来标识，这个字段是协议数据的一部分。NLPID 的值由 ISO 和 ITU-T 来确定。

按照 ISO/IEC TR 9577 中的定义，一个 NLPID 的值为 0x00 是标识空的网络层或者设置为非活动状态。由于在这种封装形式下它没有意义，所以在 ATM 封装中，一个 NLPID 的值为 0x00 是无效的。

尽管用 NLPID 值 0xCC 来标识 IP，但是 NLPID 格式不允许被 IP 使用。所以必须通过 SNAP 头来标识 IP 报文。

当 LLC 头的值是 0xAA-AA-03 时表示是 IEEE802.1a 的 SNAP 头，其格式如图 1-11 所示。

图 1-11 SNAP 头格式



SNAP 头长度是 5 字节，其中：

- 组织唯一标识符 OUI（Organizationally Unique Identifier）：长度是三个字节。由 IEEE 管理，标识后面协议标识符 PID（Protocol Identifier）规定的组织。OUI 的值 0x00-00-00 说明后面的 PID 是以太网类型。
- PID：长度是两个字节。

二者的组合标识一个唯一的路由或桥接协议。

对于非 ISO NLPID 格式路由 PDU，AAL5 CPCS-PDU 有效载荷的格式如图 1-12 所示，其中以太网类型长度是 2 字节。

图 1-12 非 ISO NLPID 格式路由 PDU 的有效载荷报文格式

LLC 0xFE-FE-03
ISO PDU
PAD
CPCS-UU
CPI
Length
CRC

在 IPv4 PDU 报文中，以太网类型的值为 0x08-00，因此报文格式如**图 1-13**所示。

图 1-13 路由 IPv4 PDU 的格式

LLC 0xAA-AA-03
OUI 0x00-00-00
EtherType
Non-ISO PDU
PAD
CPCS-UU
CPI
Length
CRC

- LLC 封装桥协议

在 LLC 封装中，通过定义 SNAP 头中的桥接介质的类型对桥接 PDU 报文进行封装。

对于桥接 PDU，LLC 头的值必须是 0xAA-AA-03，表示 SNAP 头。SNAP 头中 OUI 的值是 802.1 组织的代码 0x00-80-C2。

目前桥接媒体的类型是由两个字节的 PID 指明的。另外，PID 指明在桥接 PDU 中是否保留了帧校验序列 FCS（Frame Check Sequence）。

用于 ATM 封装的媒体类型如**表 1-5**所示。

表 1-5 OUI 00-80-C2 的局部指定值列表

保留 FCS	不保留 FCS	媒体类型
0x00-01	0x00-07	802.3/Ethernet
-	0x00-0D	Fragments
-	0x00-0E	BPDUs

当 AAL5 CPCS-PDU 的有效载荷承载桥接 PDU 时，必须具有以下几种帧格式中的一种格式。

为了对齐以太/802.3 LLC 数据域，必须在 PID 后面添加一定数量的填充字符。

MAC 地址的位序必须和它在局域网或城域网中相同。

图 1-14 以太/802.3 桥接 PDU 有效载荷格式

LLC 0xAA-AA-03
OUI 0x00-80-C2
PID 0x00-01 or 0x00-07
PAD 0x00-00
MAC destination address (remainder of MAC frame)
LAN FCS (if PID is 0x00-01)

为了保证以太/802.3 物理层的帧达到最小长度，可以对其进行填充。当使用带有保留 LAN FCS 的以太/802.3 桥接 PDU 封装格式时，必须添加填充字符。如果不带有保留 LAN FCS 时，可以不添加填充字符。

当收到不带 LAN FCS 的帧时，网桥必须在把帧转发到以太/802.3 子网前插入一些必需的填充字符。

VC 复用

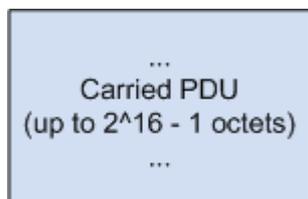
在基于 VC 的多路复用技术中，承载网络互连的协议隐含着由连接两个 ATM 站点的 VC 来区分的。也就是说，每一种协议必须运行于各自不同的 VC 上。

因此在 AAL5 CPCS-PDU 的负载上就没有必要再包含额外的多路复用信息，这样就可以节省带宽并减少处理开销。

- 路由协议的 VC 复用

在路由协议的 VC 复用中，AAL5 CPCS-PDU 有效载荷的内容只能是路由协议 PDU 报文，其报文格式如 [图 1-15](#) 所示。

图 1-15 路由协议 PDU 有效载荷格式



- 桥接协议的 VC 复用

在桥接协议的 VC 复用中，桥协议 PDU 在 AAL5 CPCS-PDU 有效载荷中的承载必须和 [LLC 封装桥协议](#) 中描述的不同，除非必须只有 PID 后的域包含在报文中。

图 1-16 以太/802.3 桥接 PDU 有效载荷格式



由于不包含 PID 域，所以在以太/802.3 的 PDU 报文中，LAN FCS 必须由 VC 来确定。虽然桥接介质可能相同，但 PDU 仍可以属于不同协议，不论是否带有 LAN FCS。

1.4.6 ATM 业务类型

AR2200-S 设备提供的 ATM 特性支持四种业务类型：CBR（Constant Bit Rate）、UBR（Unspecified Bit Rate）、VBR-RT（Variable Bit Rate- Real Time）、VBR-NRT（Variable Bit Rate - Non Real Time）。这些服务类型的选择与网络的 QoS 需求有关。

恒定比特流速率 CBR

CBR 业务用于在连接的生命期中需要静态带宽的连接。这个带宽由峰值信元速率 PCR（Peak Cell Rate）值来确定。在 CBR 业务中，源端可以持续地以峰值信元速率发送信元。

CBR 业务一般用来支持对时延要求较高的实时业务（例如：语音、视频）。

实时的可变比特率业务 VBR-RT

VBR-RT 业务也是一种实时的应用，对时延和抖动有严格的限制，VBR-RT 的主要应用有语音和视频业务。

VBR-RT 连接的指标主要靠峰值信元速率 PCR、可持续信元速率 SCR（Sustainable Cell Rate）、最大突发长度 MBS（Maximum Burst Size）来描述。源端可以在平均信元速率为 SCR 的情况下，以 PCR 的速率发送最大长度为 MBS 的突发流量而不丢包。

非实时的可变比特率业务 VBR-NRT

VBR-NRT 业务支持突发性的非实时的应用，和 VBR-RT 业务相比，VBR-NRT 业务最大的特点就是业务本身的实时性要求不高，参数和 VBR-RT 业务一样。

未定义比特率业务 UBR

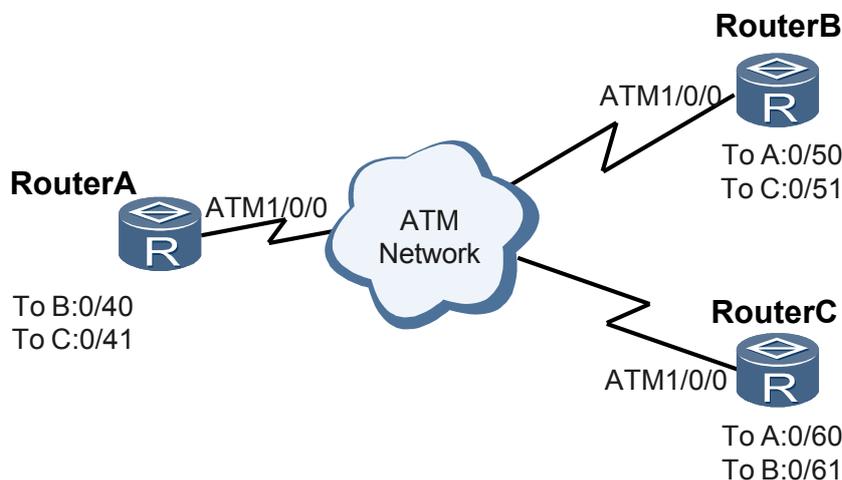
UBR 业务用于对时延和带宽都要求不高的应用，也就是那些对时延和时延变化要求都不太严格的应用。UBR 业务不保证服务质量，连接的信元丢失率和信元传输时延均没有数值保证，如果发生拥塞，UBR 信元最先被丢弃。

1.5 应用

1.5.1 IPoA

IPoA（IP over AAL5）是指在 AAL5 上承载 IP 协议报文。即将 IP 报文封装在 ATM 信元内在 ATM 网络上传输。

图 1-17 IPoA 应用组网图



实现方法

如图 1-17 所示，在 RouterA 上，有到达 RouterB 的 PVC0/40，也有到达 RouterC 的 PVC0/41。我们希望能将发送给 RouterB 的 IP 报文准确的从 PVC0/40 上发送出去，就需要在 0/40 上映射 RouterB 的 IP 地址。建立映射后，路由器就会建立一条到 RouterB 的 IP 地址的路由，出接口为 ATM 的 PVC0/40 所在的接口。

1.5.2 IPoEoA

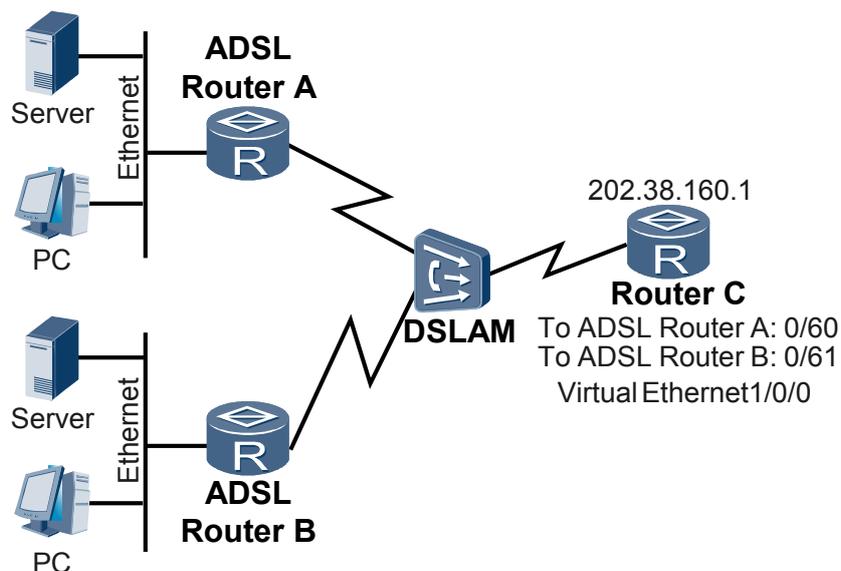
IPoEoA（IP Protocol over Ethernet over AAL5）有三层结构。最上层封装 IP 协议，中间为以太网承载 IP 协议，最下一层为 AAL5 承载 IPoE，通过将 IPoE 的报文封装在 ATM 上传输。

当通过设备高速连入远端的接入服务器，可以采用在 ATM 端口利用 PVC 承载以太网报文来实现对外部网络的访问。

对于 IPoEoA，AR2200-S 实现的基本功能有以下两点。

- 一个虚拟逻辑以太网接口 VE（Virtual Ethernet）接口可以关联多个 PVC。
- 和同一个 VE 接口关联的 PVC 之间通过二层互通。

图 1-18 IPoEoA 组网图



实现方法

如图 1-18，采用 IPoEoA 的方式，需要将 IP 报文封装在以太帧内，再封装为 ATM 信元传输。此时设备需要配置 IP 地址和以太网地址，并且通过建立 VE，将 VE 映射到 ATM 的 PVC 上的方式来实现 IPoEoA。也理解为所有由本路由器发送到虚拟以太网接口的报文都通过映射的 ATM 接口封装成 ATM 信元传输。

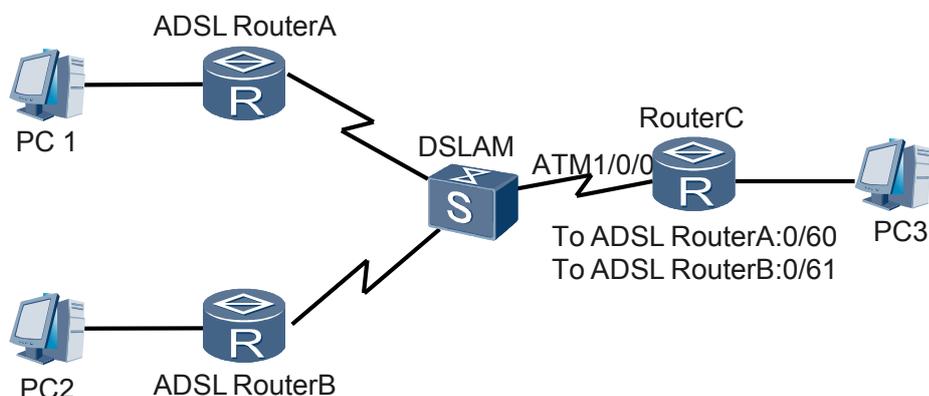
1.5.3 PPPoA

PPPoA（PPP over AAL5）是指在 AAL5 上承载 PPP 报文。ATM 信元封装 PPP 报文，PPP 报文封装 IP 或其它协议的报文。在这种模式下，可以将 AAL5 简单地看成是 PPP 报文的承载层。

PPPoA 的意义在于：PPPoA 的通讯过程由 PPP 协议管理，可以利用 PPP 的灵活性和广泛的应用性。

为了在 AAL5 上传送 PPP 报文，用户必须创建一个虚拟接口模板 VT（Virtual Template）。PPPoA 的典型组网如图 1-19 所示。

图 1-19 PPPoA 组网图



实现方法

PPPoA 的方式是通过 PPP 的报文封装在 ATM 信元内，在 ATM 网络上传输。原理和 IPoEoA 类似。

因为 PPP 的建立需要认证等相关操作，所以通过建立一个虚拟接口模板的方式来完成。

在 RouterC 上实现认证时，需要在 RouterC 上建立认证的用户名、密码、为用户分配的 IP 地址池。在 VT 上设置本地 IP 地址、远端用户的认证方式（PAP 或 CHAP）、指定为认证用户分配地址的地址池等参数。然后在 ATM 的 PVC 下映射建立的 VT，实现 PPP 同 ATM 之间的关联操作。

而在客户端的 ADSL RouterA 上，只需要建立相应 VT 并映射相应的 ATM 接口上即可。VT 上配置需要在 RouterC 上认证的用户名、密码、认证方式和 IP 地址获取方式等。

1.5.4 PPPoEoA

PPPoEoA（PPPoE over AAL5）是指在 AAL5 上承载 PPPoE（PPP over Ethernet）协议报文，其实质是用 ATM 信元封装以太网报文。在这种模式下，可以用一个 PVC 来模拟以太网的全部功能。

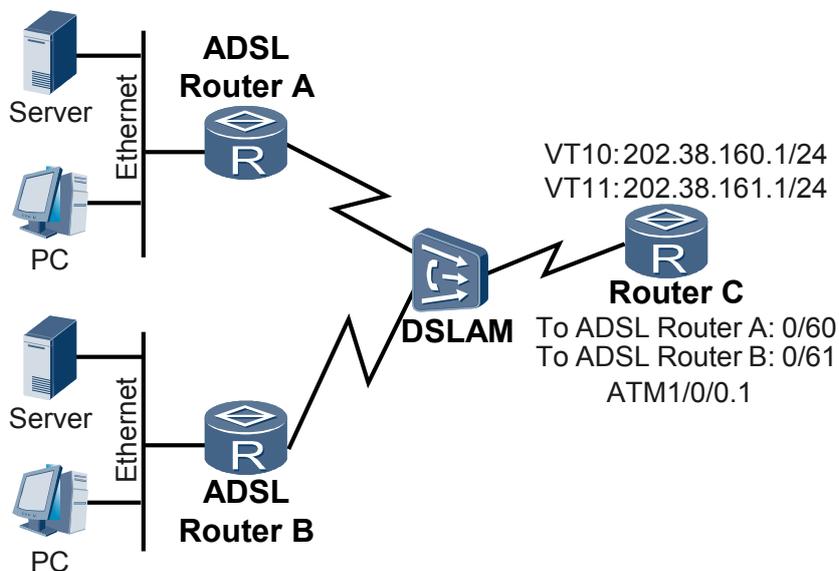
AR2200-S 通过 VE 实现在 AAL5 上承载以太网报文。VE 具有以太网的特性，由用户通过配置命令动态创建。

接口的协议栈有如下结构：

- 底层为 ATM 的 PVC，通过 PVC 收发报文；
- 链路层为以太网协议；
- 网络层及以上各层协议与普通以太网接口相同。

将 PPP 报文封装在以太网报文内，再将此报文封装在 ATM 网络上传输。

图 1-20 PPPoEoA 组网图



实现方法

PPPoEoA 的实现方法实际上就是在 VT 上实现 PPP 封装，在 VE 上实现将 PPP 封装成 PPPoE，在 ATM 接口上封装为 PPPoEoA 的过程。实现方法和 PPPoA 类似。

首先需要在做认证的路由器上配置用户和地址池等参数，也可以用外置的 RADIUS 等，这里只介绍本机认证方式。在 VT 上的配置同 PPPoA 中介绍的 VT 配置一样。然后再建立一个 VE 接口。在 VE 接口上映射 VT，实现封装或解封装 PPPoE 报文。最后将 VE 映射到 ATM 接口上。

1.6 术语与缩略语

术语

术语	解释
ATM	在 ITU-RF. 1499 建议书中，指一种使用固定长度为 53 字节的信元来传输各类数字信号的协议。在 ITU-R M. 1224 建议书中，指一种用信息来构成信元的转移模式；从信元循环取决于所要求的瞬时比特率这一意义上讲，它是非同步的。统计性的和确定性的值也可以用来描述这一转移模式的特性。
Cell	ATM 以信元（Cell）为基本单位进行信息传输、复用和交换。ATM 信元具有 53 字节的固定长度，其中 5 个字节构成信元头，主要用作路由信息和优先级信息，其余 48 个字节是有效载荷。
Multi-network 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）。
Sub-interface	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
AAL	ATM Adaptation Layer	ATM 适配层
AAL1	ATM Adaptation Layer Type 1	ATM 适配层类型 1
AAL2	ATM Adaptation Layer Type 2	ATM 适配层类型 2
AAL3	ATM Adaptation Layer Type 3	ATM 适配层类型 3
AAL5	ATM Adaptation Layer Type 5	ATM 适配层类型 5
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line	非对称数字用户线路

缩略语	英文全称	中文全称
AIS	Alarm Indication Signal	告警指示信号
ANSI	American National Standards Institute	美国国家标准学会
ATM	Asynchronous Transfer Mode	异步传输模式
B-ICI	B-ISDN Inter Carrier Interface	宽带综合业务数字网内部承载接口
B-ISDN	Broadband Integrated Services Digital Network	宽带综合业务数字网
CBR	Constant Bit Rate	固定比特率
CC	Continuity Check	连通性检测
CCITT	International Telegraph and Telephone Consultative Committee	国际电报电话咨询委员会，现已更名为 ITU。
CHAP	Challenge Handshake Authentication Protocol	质询握手验证协议
CLP	Cell Loss Priority	信元丢弃优先等级
CPCS	Common Part Convergence Sublayer	公共部分汇聚子层
CS	Convergence Sublayer	汇聚子层
FDDI	Fiber Distributed Digital Interface	光纤分布式数字接口
GFC	Generic Flow Control	流量控制
HEC	Header Error Control	信头差错控制
IPoA	Internet Protocol over ATM	ATM 承载 IP 协议
IPoEoA	IP over Ethernet over ATM	ATM 网络承载 IPoA
ITU-T	International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector	国际电信联盟-电信标准部
LLC	logical link control	逻辑链路控制
NNI	Network-to-Network Interface	网络-网络接口
OAM	Operation, Administration and Maintenance	运行管理和维护
OSI	Open System Interconnection	开放系统互连（模型）
PAP	Password Authentication Protocol	密码验证协议
PLCP	Physical Layer Convergence Protocol	物理层汇聚协议
PM	Performance Monitoring	性能监视
PPP	Point-to-Point Protocol	点到点协议

缩略语	英文全称	中文全称
PPPoA	Point-to-Point Protocol over ATM	ATM 承载 PPP 协议
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet	以太网承载 PPP 协议
PPPoEoA	PPP over Ethernet over ATM	在 ATM 网络上承载 PPPoE 报文
PT	Payload Type	净荷类型
PTI	Payload Type Indicator	净荷类型标识
PVC	Permanent Virtual Circuit	永久虚电路
QoS	Quality of Service	服务质量
RDI	Remote Defect Indication	远端缺陷指示
SAR	Segmentation And Reassembly	分段与重组
SAR-PDU	Segmentation And Reassembly-Protocol Data Unit	分段和重组协议数据单元
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	同步数字体系
SNAP	Subnetwork Access Protocol	子网访问协议
SNAP	Sub-Network Attachment Point	子网接入点
Soft VC	Soft Virtual Circuit	软交换 VC
SSCS	Service Special Convergence Sub-layer	业务特定汇聚子层
TC	Transmission Convergence Sub-layer	传输汇聚子层
UBR	Unspecified Bit Rate	未定义比特率
UNI	User-to-Network Interface	用户-网络接口
VBR-RT	Variable Bit Rate- Real Time	实时的可变比特率
VBR-NRT	Variable Bit Rate - Non Real Time	非实时的可变比特率
VC	Virtual Channel	虚拟信道
VCC	Virtual Channel Connection	虚通路连接
VCI	Virtual Channel Identifier	虚信道标识
VE	Virtual-Ethernet	虚拟以太网接口
VP	Virtual Path	虚拟通路
VPI	Virtual Path Identifier	虚通路标识
VT	Virtual-Template	虚拟接口模板

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 可获得性](#)

[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.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.3: 多协议包封实施协定
- 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.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

2.3 可获得性

涉及网元

需要和 FR 交换机配合使用。

License 支持

本特性不需要 License 支持。

版本支持

表 2-1 FR 特性的版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

硬件要求

AR2200-S 设备上要插入 1SA、2SA、1E1T1-M、2E1T1-M、1E1T1-F、2E1T1-F 或 1BST 接口卡。

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 512 条虚电路，其中，用户可用的 DLCI 范围是 16 ~ 1022（根据标准 1007 ~ 1022 保留使用，使用时请慎重）。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。

AR2200-S 设备只支持 PVC 虚电路。

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。

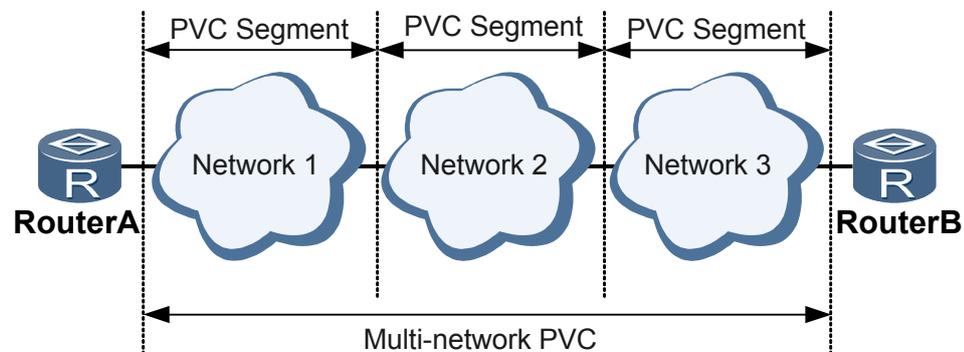
在两台网络设备直接连接的情况下, DCE 侧的设备的虚电路状态是由设备管理员来设置的。

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 2-2 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 2-2 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 2-2 中的参数由 Q.933 的附件 A 规定，各参数的含义如表 2-3。

表 2-3 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。

参数	含义
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 2-4 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 2-5 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 2-6 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 2-7 所示。

表 2-7 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 2-8 所示。

表 2-8 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 2-9。

表 2-9 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。

1. 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 IP 地址。

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 2-10 所示，其中不包含帧中继帧头。

表 2-10 InverseARP 报文格式

序号	Type	Length
1	Hardware type	16bits
2	Protocol type	16bits
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。

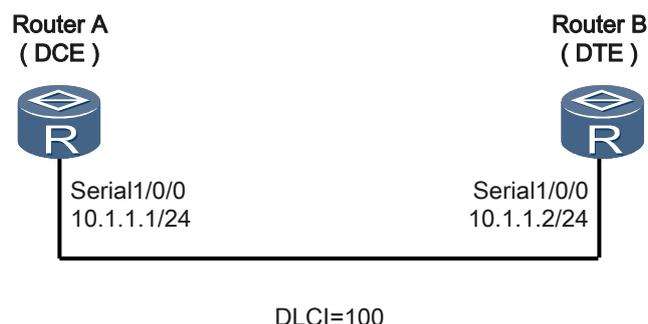
2.4.4 帧中继的基本原理

LMI 协商过程

如图 2-2 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 2-2 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。

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）。

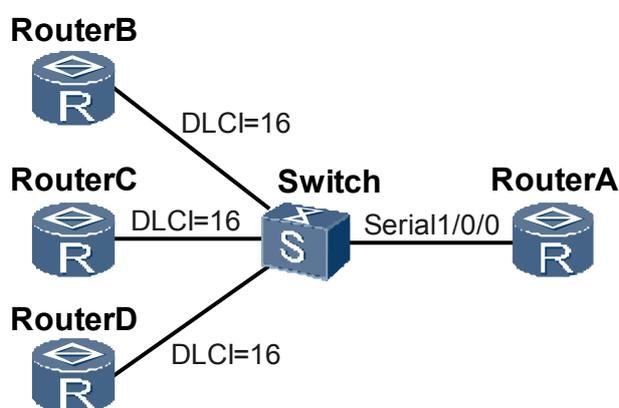
从经济的角度考虑，星型结构是最优的网络结构，因为这种结构使用的 PVC 的数量最少，中心节点通过在一个接口上使用多个 PVC 将多个分散的分支节点连接起来。这种结构主要用于总部连接多个分部的情况。这种结构的缺点是各个分支节点之间通信需要经过中心节点进行中转。

在全网状相连接结构中，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。

在部分网状相连接结构中，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）不允许路由器把从一个接口进来的更新信息再从该接口发送出去。

图 2-3 帧中继与水平分割

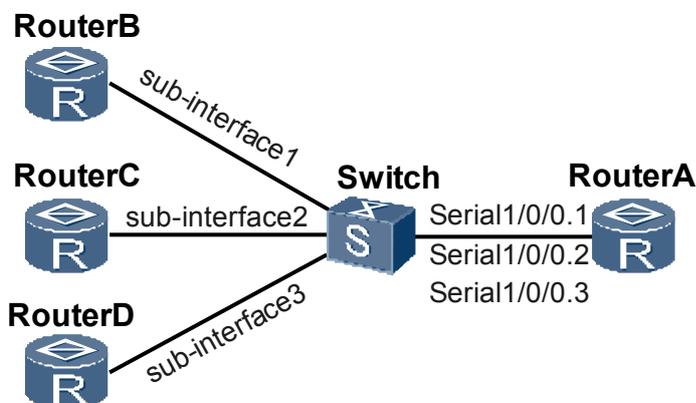


如图 2-3 所示，RouterB 通告给 RouterA 一条路由信息，由于水平分割机制，RouterA 不能通过接收此路由信息的 Serial1/0/0 将这条信息通告给 RouterC 和 RouterD。要解决这个问题有几个方法：

- 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，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 2-4 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：

- 点对点（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。

2.4.6 帧中继 QoS

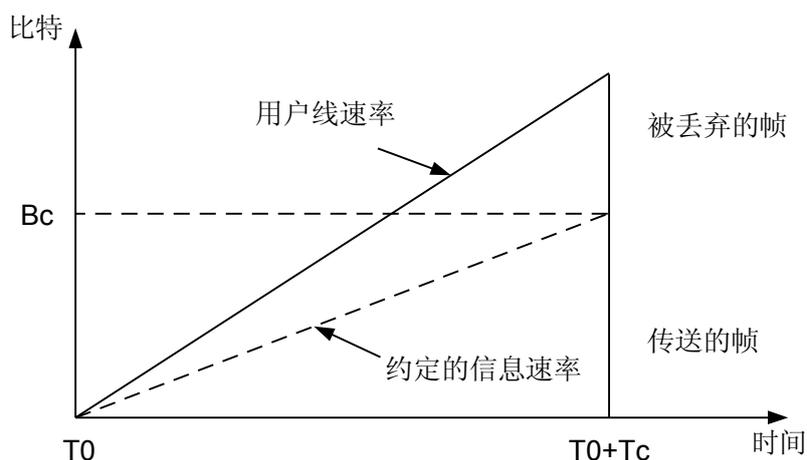
帧中继还拥有自己的 QoS 机制，例如帧中继分片、帧中继流量整形、帧中继队列管理。

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 2-5 帧中继带宽管理



如图 2-5 所示，帧中继网络为每个帧中继用户分配两个带宽控制参数： B_c 和 CIR（Committed Information Rate）。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；如果用户以大于 CIR 的速率传送信息，则丢弃。
- B_c 是网络允许用户以 CIR 速率在 T_c 间隔传送的数据量，他们三者的关系是 $T_c = B_c / CIR$ 。

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。

帧中继的流量整形

FRTS（Frame-Relay Traffic Shaping）应用在帧中继网络中路由器的出接口，在发送时完成流量的控制。使得出接口的每条 PVC 都能够按照特定的参数进行流量的输出，特定的参数由应用的 fr-Class 来提供。

FRTS 主要是靠配置参数进行流量控制，其中最主要的参数是 MINCIR、CIR、BC。FRTS 继承了传统的 TS（Traffic Shaping）算法，它是通过令牌桶算法来实现的。

说明

当出接口和 PVC 上都配置了流量整形参数时，CIR 值小的配置生效。即：如果 PVC 上的 CIR 值小于出接口的 CIR 值，则 PVC 的流量整形参数生效。

FR 流量整形自适应流量调节的依据有两种：

- 根据 BECN (Backward Explicit Congestion Notification) 标志进行流量调节：当网络发生拥塞时，DCE 将向 DTE 发送 BECN 标志位为 1 的报文。DTE 接收到这个报文后，会将虚电路的发送速率根据每次的调节比例由 CIR ALLOW 逐渐调低到 CIR；如果 DTE 一定时间内没有再收到 BECN 标志位为 1 的报文，它会将虚电路的发送速率恢复为 CIR ALLOW。
- 根据接口出队列中的报文数进行流量调节：当发送接口的队列深度到达设定值的时候，所有配置了帧中继流量整形的 PVC 将开始下降发送速率，当队列深度小于设定值的时候则上升发送速率。

帧中继的队列管理

从 PVC 直接发送的符合 CIR 的报文以及从 PVC 队列出队的报文，交给接口发送，若接口拥塞，则入接口队列。使能了 FRTS 的接口只支持 PVC PQ (PVC Interface Priority Queueing) 和 CBWFQ (Class-based Weighted Fair Queue) 队列调度机制。

PVC PQ 队列：只有使能了 FRTS 的 FR 接口支持 PVC PQ 队列，其他接口都不支持。

PVC PQ 适用于这样的应用，即 PVC 独立承载一种类型的流量，如语音或数据，不同的 PVC 需要不同的服务质量，PVC PQ 允许为每个 PVC 指定不同的优先级别，入相应优先级的队列。PVC PQ 采用与 PQ 一样的出队调度机制，保证高优先级别的 PVC 得到优先服务。PVC PQ 无需解析报文内容，而是通过提取报文中携带的 DLCI 号，并在对应的 PVC 结构中查找到配置的优先级别，来对报文进行分类。

CBWFQ 队列调度机制的原理请参见《Huawei AR2200-S 系列企业路由器 特性描述》中的 QoS。

帧中继 DE 规则列表

在帧中继网络中，DE (Discard Eligibility) 标志位为 1 的报文会在拥塞发生时被优先丢弃。

DE 规则列表应用于设备的帧中继虚电路上，每个规则列表内包含多条 DE 规则。虚电路中发送的报文如果符合 DE 规则列表中的规则，则它的 DE 标志位将会被置 1，这类报文在网络发生拥塞时将会被优先丢弃。

2.4.7 MFR

多链路帧中继 MFR (Multilink Frame Relay) 是为帧中继用户提供的一种性价比较高的带宽解决方案，它基于帧中继论坛的 FRF.16.1 协议，实现在用户-网络接口或网络-网络接口 (UNI/NNI) 下的多链路帧中继功能。

多链路帧中继提供 MFR 逻辑接口。它由多个帧中继物理链路捆绑而成，可以在帧中继网络上提供高速率、大带宽的链路。

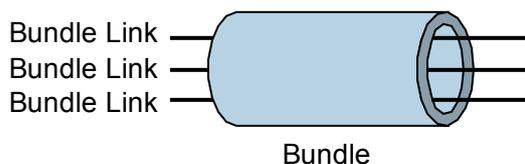
同一个 MFR 接口捆绑的物理接口如果速率一致，会减少管理开销，使捆绑后的 MFR 接口带宽最大。

- Bundle 和 Bundle link

捆绑 (bundle) 和捆绑链路 (bundle link) 是多链路帧中继的两个基本概念。

一个 MFR 接口对应一个捆绑，一个捆绑中可以包含多个捆绑链路，一个捆绑链路对应着一个物理接口。捆绑对它的捆绑链路进行管理。二者的关系如下图所示。

图 2-6 Bundle 和 Bundle link 示意图



对于实际的物理层可见的是捆绑链路；对于实际的数据链路层可见的是捆绑。

- MFR 接口和物理接口

MFR 接口是逻辑接口，多个物理接口可以捆绑成一个 MFR 接口。对捆绑和捆绑链路的配置实际就是对 MFR 接口和物理接口的配置。

MFR 接口的功能和配置与普通意义上的 FR 接口相同。当物理接口捆绑进 MFR 接口后，它原来配置的网络层和帧中继链路层参数将不再起作用，而是使用此 MFR 接口的参数。

MFR 技术是通过捆绑路由器的多个物理接口来为用户提供更大的网络带宽。同时又不会增加多少网络设备投资。

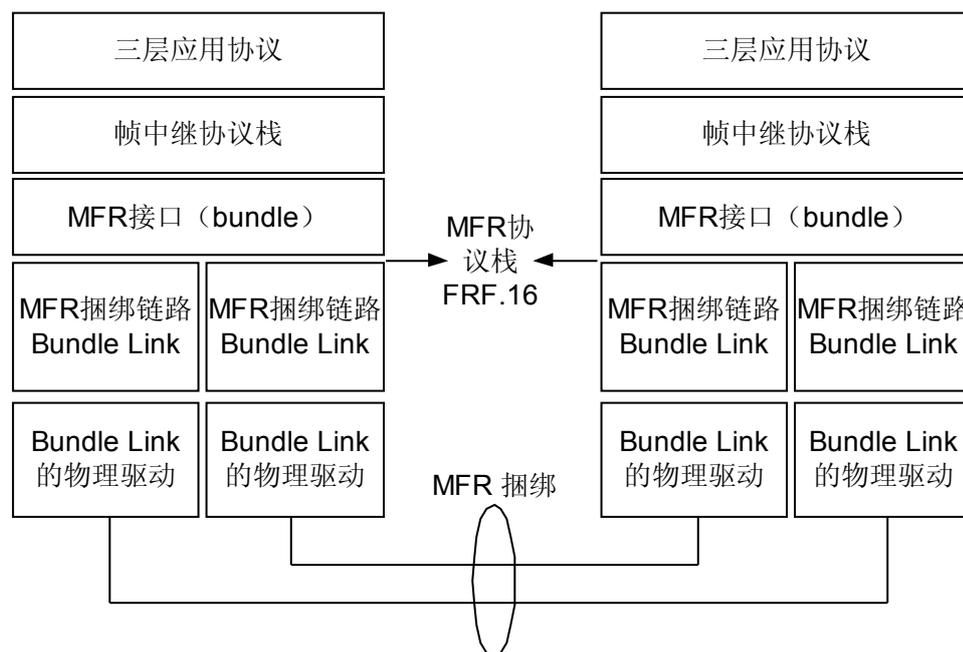
华为路由器中实现的 MFR 基于帧中继论坛 FRF.16.1 UNI MFR 协议，它为帧中继业务提供一个虚拟的物理接口 MFR 接口，该接口实际上是由多个真正的物理接口捆绑而成。

MFR 接口在协议中被称为捆绑 Bundle，而组成该接口的多个物理接口则被称为捆绑链路 Bundle Link。捆绑链路 MFR 接口为上层帧中继提供的传输带宽几乎是它捆绑的多个物理接口带宽的总和。

在该协议中有如下的实现机制。

- 通过为帧中继报文加上带序列号的 MFR 帧头信息，实现报文的重组排序。
- 通过若干固定格式的链路管理报文的发送和接收以及相应的协议定时器的开启和关断，实现对单个物理接口在 MFR 接口中的状态管理。
- 在 MFR 接口下捆绑的所有物理接口的相关状态最终决定了 MFR 接口的状态。当 MFR 接口下有一个物理接口可用的时候，MFR 接口对于上层帧中继应用就是可用的；当 MFR 接口下所有物理接口都不可用的时候，MFR 接口对于上层帧中继应用才是不可用的。换个角度说 MFR 接口对帧中继来说是个物理层，而 MFR 接口对它下面捆绑的若干物理接口来说又是一个链路层的概念。具体的协议层次关系如图 2-7 所示。

图 2-7 MFR 协议层次图

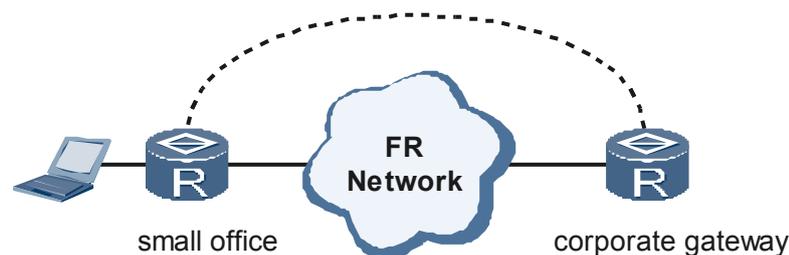


由图 2-7 可以看出，通信的双方物理接口一对一连接。上层的数据封装帧中继的头信息，再封装 MFR 的头信息，在一个 MFR 接口上传送；而完成实际数据传送工作的是 MFR 接口下捆绑的若干个物理接口（Bundle Link）。

2.4.8 PPPoFR/MPoFR

在 FR 网络中不提供认证功能，无法保证企业网中接入用户的合法性，而 PPP 协议提供了良好的认证功能，可以利用 PPP 协议的特性，如：LCP、NCP、验证和 MP 分片等特性。如图 2-8 所示，PPPoFR 允许路由器间建立一个端到端的 PPP 会话。

图 2-8 PPPoFR/MPoFR 组网图



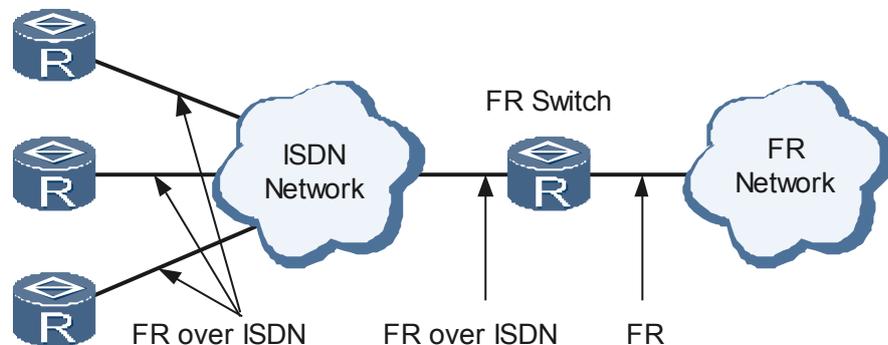
MPoFR（Multilink PPP over Frame Relay）实际上就是 PPPoFR 利用 MP 分片的一种情形，使得在帧中继站点间能够承载 MP 分片。

2.4.9 FRoISDN

FRoISDN 场景中允许 FR 数据在 ISDN 的 B 通道上进行传输，从而支持小分支机构先汇聚到大的分支机构，然后再接入核心网的场景。网络中 FR 专线的租用费用较高，通过

采用 FRoISDN 的解决方案，可以减少 FR 专线的租用数量，从而减少企业的开支避免浪费。如图 2-9 所示，设备通过 ISDN 拨号到支持 FR Switch 功能的路由器设备，该设备需要终结 ISDN，并对封装在 ISDN 内的 FR 帧进行交换操作，转发业务报文。

图 2-9 FRoISDN 组网图



2.4.10 PVC GROUP

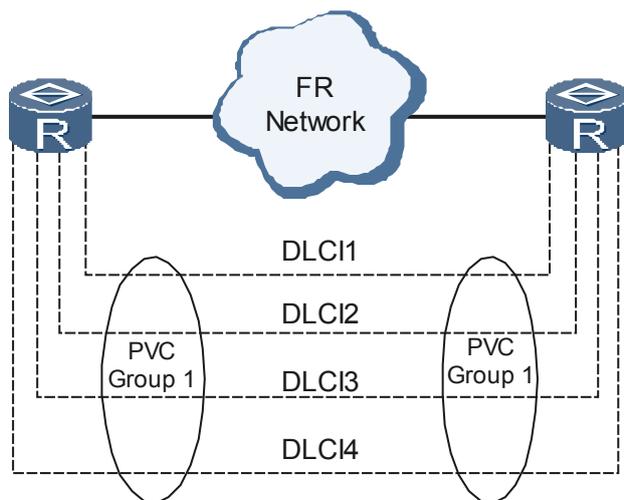
在传统的帧中继网络中，即使配置了多条目的 IP 地址相同的 PVC，真正转发报文的 PVC 也只有一条，其他 PVC 并不转发报文。只有当转发报文的 PVC 不可用时，才会有下一条 PVC 接管当前的 PVC 来继续转发报文。这样就造成了网络带宽没有被充分的利用，并且无法保证高优先级的报文被优先处理。

通过配置 PVC 组不仅可以规避传统帧中继网络的缺陷，实现到达同一目的地址的多条 PVC 同时工作，还可以实现对不同优先级的数据业务进行分流。对于在帧中继链路上传输的 IP 报文，可以根据报文中匹配的 TOS 字段进行分流；PVC 组中的每条 PVC 还可以单独配置 QoS 策略，从而针对不同的业务实现灵活的 QoS 控制。

如图 2-10 所示，PVC 组的工作机制如下：

1. 系统将根据报文的地址找到匹配的 FRmap。
2. 如果匹配到的 map 对应的是一个 PVC 组，并且要传输的报文是 IP 报文，则根据报文的优先级找到 PVC 组中匹配的 PVC，由相应的 PVC 来转发报文。
3. 如果没有为指定的报文配置承载 PVC，再根据以下的原则进行分流。若配置通过 IP 报文的 Precedence 或 DSCP 对报文进行分流，且报文为非 IP 报文（如 MPLS、INARP 报文），则这些报文使用承载优先级为 6（Precedence 分流）或 63（DSCP 分流）的报文的 PVC 来进行转发；若报文为没有配置承载 PVC 的 IP 报文则使用缺省 PVC 进行转发。
4. 如果没有配置缺省的 PVC，并且某些优先级的报文无法找到匹配的 PVC 时，则整个 PVC 组将都变为不可用状态。

图 2-10 PVC Group 组网图



2.5 应用

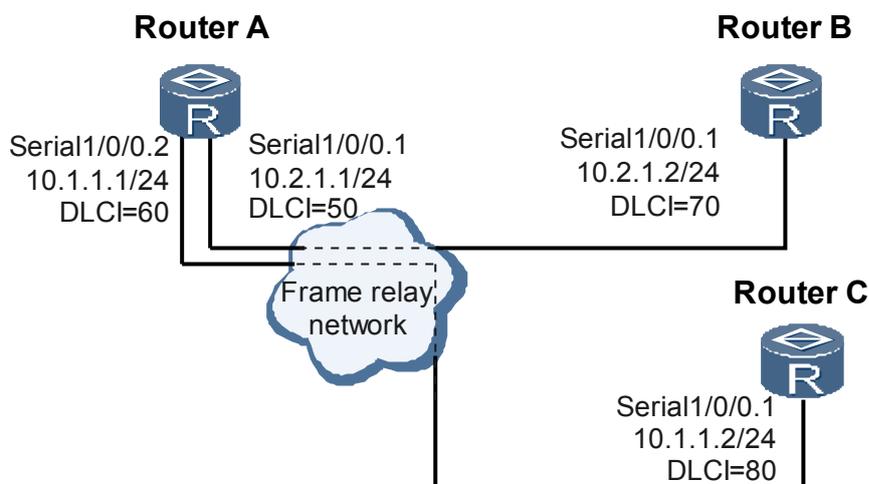
2.5.1 帧中继接入

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。

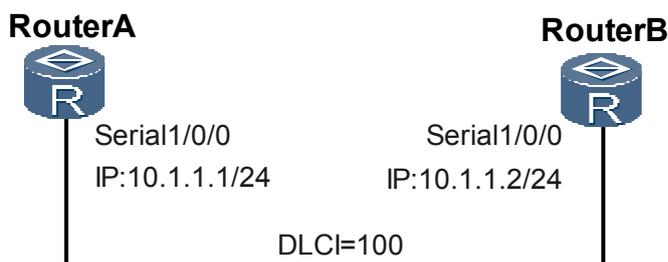
帧中继网络可以是公用网络或者是某一企业的私有网络，如图 2-11 所示。

图 2-11 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 2-12 所示。

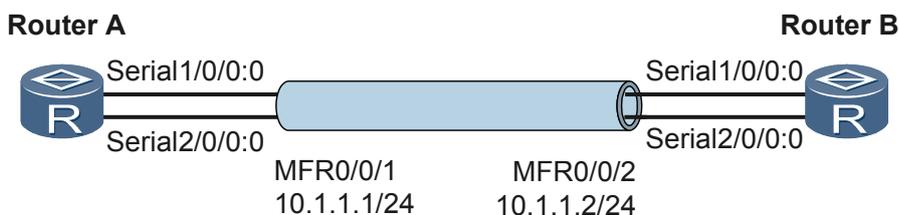
图 2-12 通过专线互连局域网



2.5.2 MFR

如图 2-13 所示，RouterA 和 RouterB 通过 Serial1/0/0:0 和 Serial2/0/0:0 直连，使用 MFR，将两对串口捆绑以提供更大的带宽。

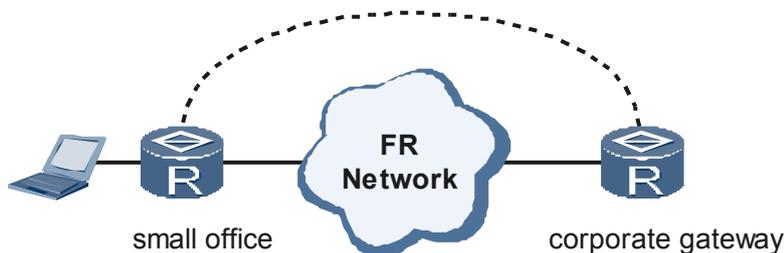
图 2-13 MFR 组网图



2.5.3 PPPoFR/MPoFR

如图 2-14 所示，企业网用户通过 PPPoFR/MPoFR 方式接入企业内部网络，利用 PPP 的 CHAP, PAP 认证协议实现对接入用户的身份验证，保证企业网的安全。

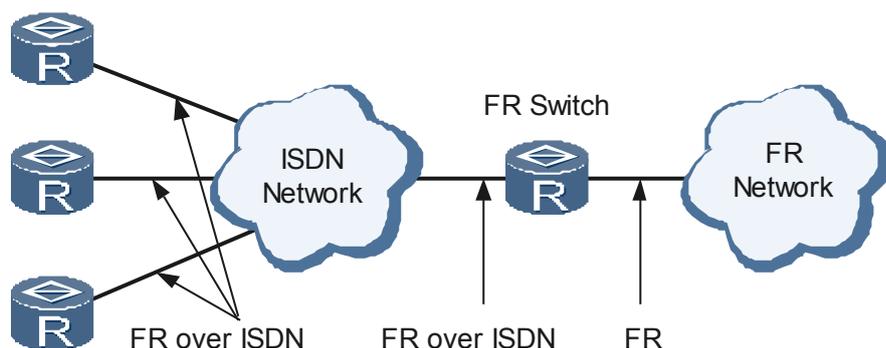
图 2-14 PPPoFR/MPoFR 组网图



2.5.4 FRoISDN

如图 2-15 所示，路由器通过 ISDN 拨号到支持 FR Switch 功能的路由器设备，该设备需要终结 ISDN，并对封装在 ISDN 内的 FR 帧进行交换操作，在 FR Network 中转发业务报文。

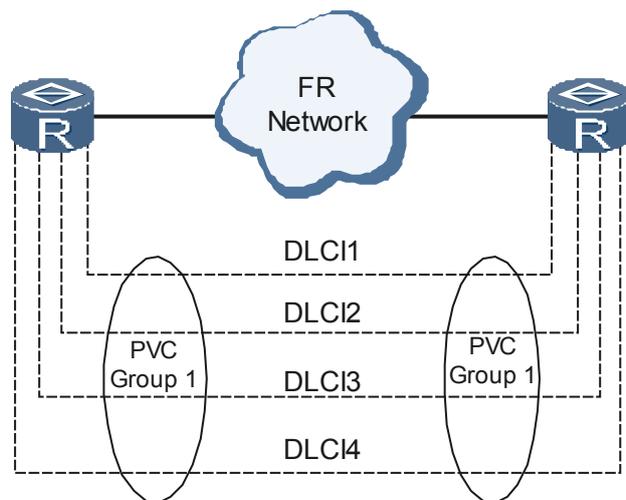
图 2-15 FRoISDN 组网图



2.5.5 PVC GROUP

如图 2-16 所示，两台路由器之间建立 4 条 PVC，并且加入 PVC 组。PVC 组中传输的报文为 IP 报文，使用 TOS 字段的 Precedence 或 DSCP 来标识报文的优先级，完成对 IP 报文的分流。

图 2-16 PVC Group 组网图



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）。

术语	描述
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/UDT/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。
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

缩略语	英文全称	中文全称
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
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 PPP 和 MP

关于本章

介绍了 PPP 和 MP 的基本原理、特点和应用。

[3.1 介绍](#)

[3.2 参考标准和协议](#)

[3.3 可获得性](#)

[3.4 原理描述](#)

[3.5 应用](#)

[3.6 术语与缩略语](#)

3.1 介绍

定义

PPP (Point-to-Point Protocol) 协议是一种在点到点链路上承载网络层数据包的数据链路层协议，主要被设计用来支持全双工的同异步链路上进行点到点之间的数据传输。

MP 是出于增加带宽的考虑，将多个 PPP 链路捆绑使用的技术。

目的

PPP 协议是在串行线 IP 协议 SLIP (Serial Line IP) 的基础上发展起来的。由于 SLIP 协议只支持异步传输方式、无协商过程 (尤其不能协商如双方 IP 地址等网络层属性)、只能承载 IP 一种网络层报文等缺陷，在发展过程中，逐步被 PPP 协议所替代。

PPP 协议有如下优点：

- 对物理层而言，既支持同步链路又支持异步链路，而如 X.25、FR (Frame Relay) 等数据链路层协议只对同步链路提供支持，SLIP 仅支持异步链路。
- 有一个易扩充的协议框架，便于扩充各种其他协议。
- 支持各种链路层参数的协商。
- 能承载多种网络层报文，提供各种 NCP (Network Control Protocol) 协议 (如 IPCP、IPXCP)，用于各网络层属性的协商，更好地支持了网络层协议。
- 提供验证协议 CHAP (Challenge-Handshake Authentication Protocol)、PAP (Password Authentication Protocol)，更好的保证了网络的安全性。
- 无重传机制，网络开销小，速度快。

3.2 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
RFC1661	The Point-to-Point Protocol (PPP)	-
RFC1570	PPP LCP Extensions	-
RFC1990	The PPP Multilink Protocol (MP)	-
RFC1661	The Point-to-Point Protocol (PPP)	-
RFC1332	The PPP Internet Protocol Control Protocol (IPCP)	-
RFC1334	PPP Authentication Protocols	-

文档	描述	备注
RFC1994	PPP Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP)	-

3.3 可获得性

涉及网元

无

License 支持

本特性不需要 License 支持。

版本支持

表 3-1 PPP 和 MP 特性的版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

硬件要求

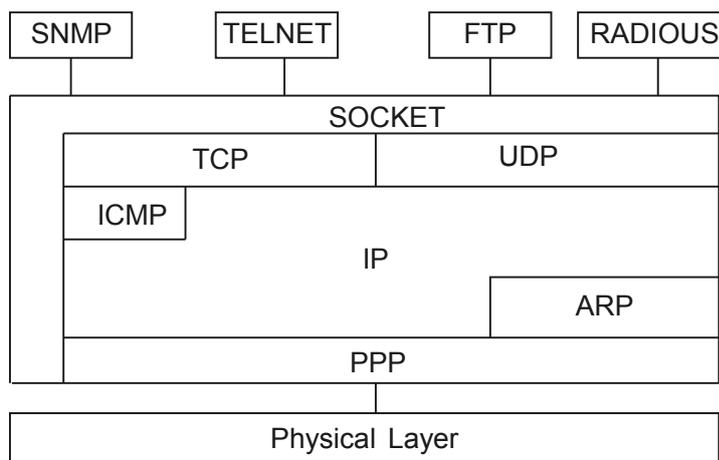
AR2200-S 设备上需要插入 1E1T1-M、2E1T1-M、1E1T1-F、2E1T1-F、1SA、2SA、8AS 或 1BST 单板。

3.4 原理描述

3.4.1 PPP 的基本构架

PPP 协议处于 TCP/IP 的数据链路层，主要用在支持全双工的同异步链路上，进行点到点之间的数据传输。

图 3-1 PPP 在协议栈中的位置



PPP 主要由三类协议族组成：

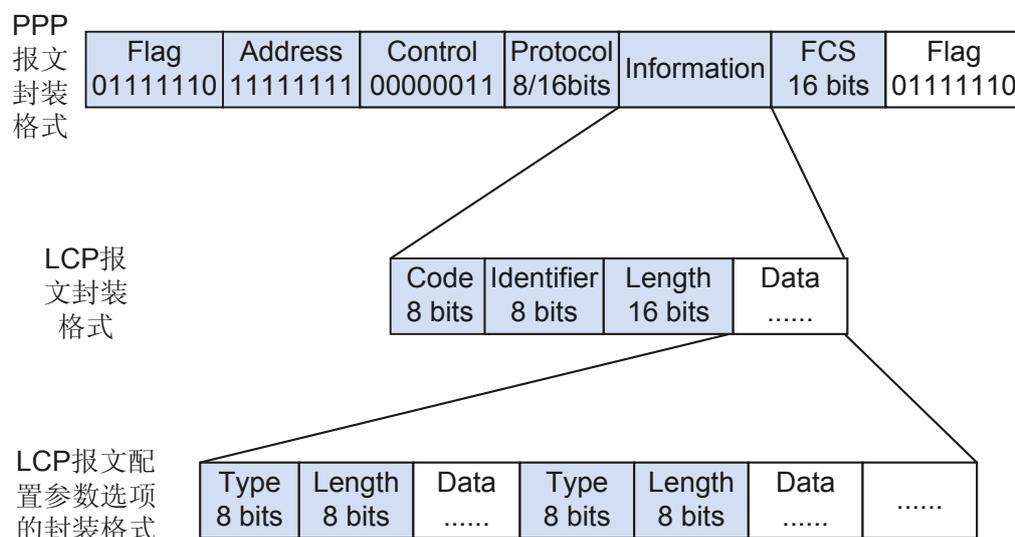
- 链路控制协议族（Link Control Protocol），主要用来建立、拆除和监控 PPP 数据链路。
- 网络层控制协议族（Network Control Protocol），主要用来协商在该数据链路上所传输的数据包的格式与类型。
- PPP 扩展协议族主要用于提供对 PPP 功能的进一步支持。例如：PPP 提供了用于网络安全方面的验证协议族（PAP 和 CHAP）。

3.4.2 PPP 报文格式

PPP 报文封装的帧格式

PPP 报文封装格式如图 3-2 所示。

图 3-2 PPP 报文格式



各字段的含义如下：

- **Flag 域**
Flag 域标识一个物理帧的起始和结束，该字节为 0x7E。
- **Address 域**
Address 域可以唯一标识对端。PPP 协议是被运用在点对点的链路上，因此，使用 PPP 协议互连的两个通信设备无须知道对方的数据链路层地址。按照协议的规定将该字节填充为全 1 的广播地址，对于 PPP 协议来说，该字段无实际意义。
- **Control 域**
该字段默认值为 0x03，表明为无序号帧，PPP 默认没有采用序列号和确认来实现可靠传输。
Address 和 Control 域一起标识此报文为 PPP 报文，即 PPP 报文头为 FF03。
- **Protocol 域**
协议域可用来区分 PPP 数据帧中信息域所承载的数据报类型。
协议域的内容必须依据 ISO3309 的地址扩展机制所给出的规定。该机制规定协议域所填充的内容必须为奇数，也就是要求最低有效字节的最低有效位为“1”，最高有效字节的最低有效位为“0”。
如果当发送端发送的 PPP 数据帧的协议域字段不符合上述规定，接收端则会认为此数据帧是不可识别的。接收端向发送端发送一个 Protocol-Reject 报文，在该报文尾部将填充被拒绝报文的协议号。

表 3-2 常见的协议代码

协议代码	协议类型
0021	Internet Protocol
002b	Novell IPX
002d	Van Jacobson Compressed TCP/IP
002f	Van Jacobson Uncompressed TCP/IP
8021	Internet Protocol Control Protocol
802b	Novell IPX Control Protocol
8031	Bridging NC
C021	Link Control Protocol
C023	Password Authentication Protocol
C223	Challenge Handshake Authentication Protocol

- **Information 域**
信息域最大长度是 1500 字节，其中包括填充域的内容。信息域的最大长度称为最大接收单元 MRU (Maximum Receive Unit)。MRU 的缺省值为 1500 字节，在实际应用当中可根据实际需要进行 MRU 的协商。

如果信息域长度不足，可被填充，但不是必须的。如果填充则需通信双方的两端能辨认出填充信息和真正需要传送的信息，方可正常通信。

- FCS 域

校验域的功能主要对 PPP 数据帧传输的正确性进行检测。

在数据帧中引入了一些传输的保证机制，会引入更多的开销，这样可能会增加应用层交互的延迟。

LCP 报文封装的帧格式

LCP 报文封装格式请参见图 3-2。

在链路建立阶段，PPP 协议通过 LCP 报文进行链路的建立和协商过程。此时 LCP 报文作为 PPP 的净载荷被封装在 PPP 数据帧的信息域中，PPP 数据帧的协议域的值固定填充 0xC021。

在链路建立阶段的整个过程中信息域的内容是变化的，它包括很多种类型的报文，所以这些报文也要通过相应的字段来区分。

- Code 域

代码域的长度为一个字节，主要是用来标识 LCP 数据报文的类型。

在链路建立阶段，接收方接收到 LCP 数据报文。当其代码域的值无效时，就会向对端发送一个 LCP 的代码拒绝报文（Code-Reject 报文）。

表 3-3 常见 code 值

code 值	报文类型
0x01	Configure-Request
0x02	Configure-Ack
0x03	Configure-Nak
0x04	Configure-Reject
0x05	Terminate-Request
0x06	Terminate-Ack
0x07	Code-Reject
0x08	Protocol-Reject
0x09	Echo-Request
0x0A	Echo-Reply
0x0B	Discard-Request
0x0C	Reserved

- Identifier 域

标识域为 1 个字节，用来匹配请求和响应，当标识域值为非法时，该报文将被丢弃。

通常一个配置请求报文的 ID 是从 0x01 开始逐步加 1 的。当对端接收到该配置请求报文后，无论使用何种报文回应对方，但必须要求回应报文中的 ID 要与接收报文中的 ID 一致。

- Length 域
长度域的值就是该 LCP 报文的总字节数据。它是代码域、标志域、长度域和数据域四个域长度的总和。
长度域所指示字节数之外的字节将被当作填充字节而忽略掉，而且该域的内容不能超过 MRU 的值。
- Data 域
数据域所包含的是协商报文的内容，这个内容包含以下字段。
 - Type 为协商选项类型。
 - Length 为协商选项长度，它是指 Data 域的总长度，也就是包含 Type、Length 和 Data。
 - Data 为协商的选项具体内容。

表 3-4 常见 Type 中的协商类型值

协商类型值	协商报文类型
0x01	Maximum-Receive-Unit
0x02	Async-Control-Character-Map
0x03	Authentication-Protocol
0x04	Quality-Protocol
0x05	Magic-Number
0x06	RESERVED
0x07	Protocol-Field-Compression
0x08	Address-and-Control-Field-Compression

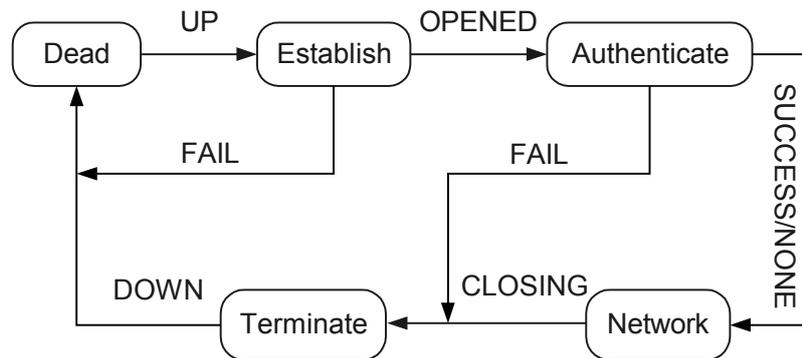
3.4.3 PPP 的建链过程

PPP 链路的建立是通过一系列的协商完成的。

- LCP 除了用于建立、拆除和监控 PPP 数据链路，还主要进行链路层参数的协商，如 MRU、验证方式。
- NCP 主要用于协商在该数据链路上所传输的数据包的格式与类型，如 IP 地址。

下图是 PPP 协议整个链路过程需经历阶段的状态转移图：

图 3-3 PPP 链路建立过程



PPP 链路建立过程的简单描述如下：

1. PPP 协议运行总是以 **Dead** 阶段开始和结束。通常处在这个状态的时间很短，仅仅是检测到硬件设备后（即硬件连接状态为 Up）就进入 **Establish** 阶段。
2. 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。LCP 协商成功后进入 **Opened** 状态，表示底层链路已经建立。
3. 如果配置了验证，将进入 **Authenticate** 阶段，开始 CHAP 或 PAP 验证。如果没有配置验证，则直接进入 **Network** 阶段。
4. 对于 **Authenticate** 阶段，如果验证失败，进入 **Terminate** 阶段，拆除链路，LCP 状态转为 **Closed**。如果验证成功，进入 **Network** 阶段，此时 LCP 状态仍为 **Opened**，而 NCP 状态从 **Initial** 转到 **Starting**。
5. 在 **Network** 阶段，PPP 链路进行 NCP 协商，NCP 协商包括 IPCP（IP Control Protocol）、MPLSCP（MPLS Control Protocol）等协商。IPCP 协商主要包括双方的 IP 地址。通过 NCP 协商来选择和配置一个网络层协议。只有相应的网络层协议协商成功后（相应协议的 NCP 协商状态为 **Opened**），该网络层协议才可以通过这条 PPP 链路发送报文。例如：IPCP 协商通过后，这条 PPP 链路才可以承载 IP 报文。
6. NCP 协商成功后，PPP 链路将一直保持通信。PPP 运行过程中，可以随时中断连接，物理链路断开、认证失败、超时定时器时间到、管理员通过配置关闭连接等动作都可能导致进入链路进入 **Terminate** 阶段。
7. 进入 **Terminate** 阶段后且资源释放完，即进入 **Dead** 阶段。

在点对点链路的配置、维护和终止过程中，PPP 需经历以下几个阶段：

链路不可用阶段（Dead）

它有时也称为物理层不可用阶段。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，就会从当前这个阶段跃迁至下一个阶段，即链路建立阶段。

在链路建立阶段主要是通过 LCP 协议进行链路参数的配置，LCP 在此阶段的状态机也会根据不同的事件发生变化。当处于在链路不可用阶段时，LCP 的状态机是处于初始化 **Initial** 状态或准备启动 **Starting** 状态，一旦检测到物理线路可用，则 LCP 的状态机就要发生改变。

当然链路被断开后也同样会返回到链路不可用阶段。

在实际过程中这个阶段所停留的时间是很短的，只是检测到对端设备的存在。

链路建立阶段（Establish）

它是 PPP 协议最关键和最复杂的阶段。

该阶段主要是发送一些配置报文来配置数据链路，这些配置的参数不包括网络层协议所需的参数。当完成配置报文的交换后，则会继续向下一个阶段跃迁。

下一个阶段既可能是验证阶段，也可能是网络层协议阶段。下一阶段的选择是依据链路两端的设备配置的，通常由用户来配置。

在链路建立阶段，LCP 的状态机会发生两次改变。

- 当链路处于不可用阶段时，此时 LCP 的状态机处于 Initial 或 Starting。当检测到链路可用时，则物理层会向链路层发送一个 Up 事件。链路层收到该事件后，会将 LCP 的状态机从当前状态改变为 Request-Sent（请求发送状态），根据此时的状态机 LCP 会进行相应的动作，也就是开始发送 Configure-Request 报文来配置数据链路。
- 无论哪一端接收到了 Configure-Ack 报文时，LCP 的状态机又要发生改变，从当前状态改变为 opened 状态。进入 Opened 状态后收到 Configure-Ack 报文的一方则完成了当前阶段，应该向下一个阶段跃迁。

同理可知，另一端也是一样的。如果在该阶段收到了非 LCP 数据报文，则会将这些报文丢弃。

验证阶段（Authenticate）

PPP 链路缺省情况下，不进行验证。如果要求验证，在链路建立阶段必须指定验证协议。

PPP 验证有两种用途：

- 主要是用于主机和路由器之间，通过 PPP 网络服务器交换电路或拨号接入连接的链路。
- 偶尔也用于专用线路。

PPP 提供两种验证方式。

- PAP: Password Authentication Protocol, 密码验证协议
- CHAP: Challenge-Handshake Authentication Protocol, 质询握手验证协议

验证方式的选择是依据在链路建立阶段双方进行协商的结果。然而，链路质量的检测也会在这个阶段同时发生，但协议规定不会让链路质量的检测无限制的延迟验证过程。

在这个阶段仅支持链路控制协议、验证协议和质量检测数据报文，其它的数据报文都会被丢弃。如果在这个阶段再次收到了 Configure-Request 报文，则又会返回到链路建立阶段。

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，例如：通过 IPCP 进行 IP 协议的配置。每个 NCP 协议可在任何时间打开和关闭，当一个 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了。

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

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。

链路建立阶段可能通过交换 LCP 的链路终止报文来关闭链路，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。

3.4.4 PPP 的 PAP 验证协议

PAP 验证过程概述

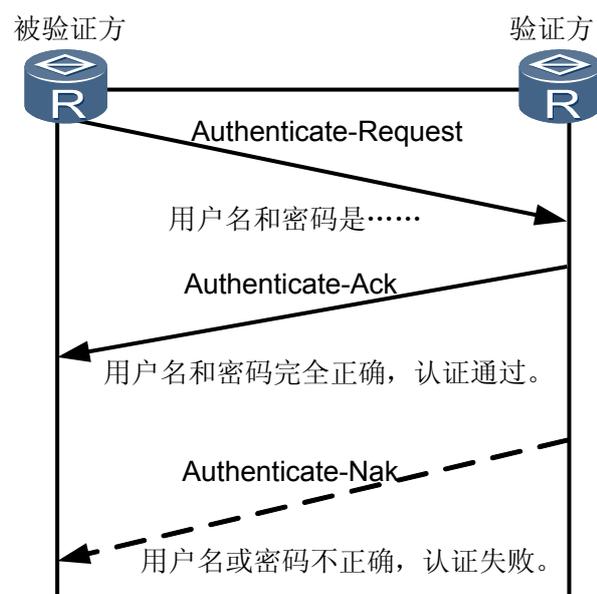
PAP 验证协议为两次握手验证，口令为明文。验证过程仅在链路初始建立阶段进行。

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，直到验证通过或者中止连接。

如果必须在远端主机上使用明文密码进行模拟登录，这种验证方式是最合适的。

PAP 验证的过程如图 3-4 所示。

图 3-4 PAP 认证过程

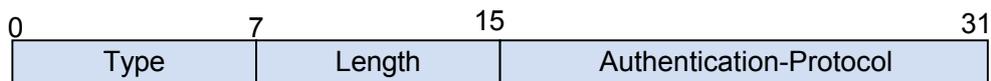


- 被验证方把本地用户名和口令发送到验证方。
- 验证方根据本地用户表查看是否有被验证方的用户名以及口令是否正确，然后返回不同的响应（接受或拒绝）。

协商验证协议的配置参数选项格式

协商验证协议类型是在 LCP 协商中完成的，协商 PAP 验证协议的配置参数选项帧格式如图 3-5 所示。

图 3-5 协商验证协议的配置参数选项帧格式



各字段的含义如下表所示。

表 3-5 PAP 的配置参数选项各字段解释表

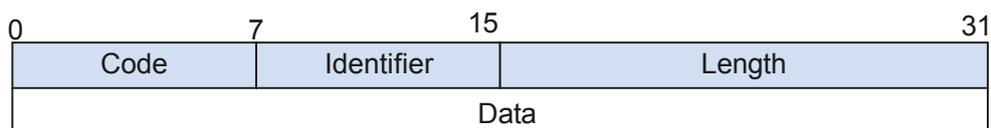
字段	长度（字节）	取值与含义
Type	1	验证报文的该字段取值为 0x03。
Length	1	此时固定值是 4，表示这个配置参数选项帧的总长度是 4 个字节。
Authentication-Protocol	2	PAP 验证协议的该字段取值为 0xC023。协商验证协议时，配置参数选项的 DATA 字段就表示认证协议的类型。

PAP 验证报文帧格式

PAP 报文封装在协议域为 0xC023 的 PPP 数据链路层帧的信息域中。

PAP 报文的帧格式如图 3-6 所示。

图 3-6 PAP 数据报的帧格式



各字段的含义如表 3-6 所示。

表 3-6 PAP 数据报的帧格式各字段解释表

字段	长度（字节）	取值与含义
Code	1	标识 PAP 数据报的类型。 <ul style="list-style-type: none"> ● 1 表示是 Authenticate-Request 报文 ● 2 表示是 Authenticate-Ack 报文 ● 3 表示是 Authenticate-Nak 报文
Identifier	1	表示请求报文和应答报文是否匹配的标识。

字段	长度（字节）	取值与含义
Length	2	表示包括 Code、Identifier、Length 和 Data 域在内的 PAP 报文长度。超出此长度的报文将被认为是填充字节并被丢弃。
Data	0 或多个字节	Data 域的内容由 Code 域来决定。具体内容请参见 PAP 验证报文 。

PAP 验证报文

- Authenticate-Request 报文

Authenticate-Request 报文用于表示 PAP 验证的开始。Authenticate-Request 报文被重复发送，直到收到有效的应答报文或达到重传次数上限。当达到重传次数上限时，应该终止链路连接。

验证方只能等待被验证方发送 Authenticate-Request 报文。当收到 Authenticate-Request 报文后，必须根据实际情况回复不同的应答报文。

Authenticate-Request 报文的帧格式如 [图 3-7](#) 所示。

图 3-7 Authenticate-Request 报文格式

0	7	15	31
Code	Identifier	Length	
Peer-ID Length	Peer-ID		
Password Length	Password		

各字段的解释如 [表 3-7](#) 所示。

表 3-7 Authenticate-Request 报文帧格式各字段解释表

字段	长度（字节）	取值与含义
Code	1	Authenticate-Request 报文的该字段取值为 0x01。
Identifier	1	表示请求报文和应答报文是否匹配的标识。
Length	2	表示该报文的总长度。
Peer-ID Length	1	标识 Peer-ID 域的长度。
Peer-ID	0 或多个	标识被验证方的名字。
Password Length	1	标识 Password 域的长度。
Password	0 或多个	标识被验证的密码。

- Authenticate-Ack 和 Authenticate-Nak 报文帧格式

如果 Authenticate-Request 报文中的用户名和密码都能被验证方验证通过，则验证方返回 Authenticate-Ack 报文；如果 Authenticate-Request 报文中的用户名或密码有一项没有通过验证，则验证方返回 Authenticate-Nak 报文。

Authenticate-Ack 和 Authenticate-Nak 报文的帧格式如图 3-8 所示。

图 3-8 Authenticate-Ack 和 Authenticate-Nak 报文的帧格式

0	7	15	31
Code	Identifier	Length	
Message Length	Message		

各字段的含义如表 3-8 所示。

表 3-8 Authenticate-Ack 和 Authenticate-Nak 报文帧格式各字段解释表

字段	长度（字节）	取值与含义
Code	1	Authenticate-Ack 报文的该字段取值为 0x02;Authenticate-Nak 报文的该字段取值为 0x03。
Identifier	1	表示请求报文和应答报文是否匹配的标识。
Length	2	表示该报文的总长度。
Message Length	1	标识 Message 域的长度。
Message	0 或多个	Authenticate-Ack 或 Authenticate-Nak 报文的补充描述信息，一般使用 ASCII 字符表示。

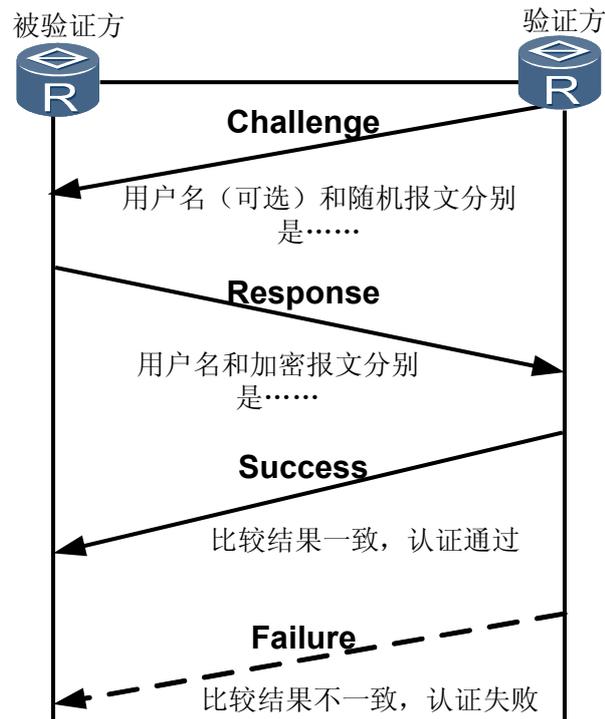
3.4.5 PPP 的 CHAP 验证协议

CHAP 验证过程概述

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 3-9 所示。

图 3-9 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。

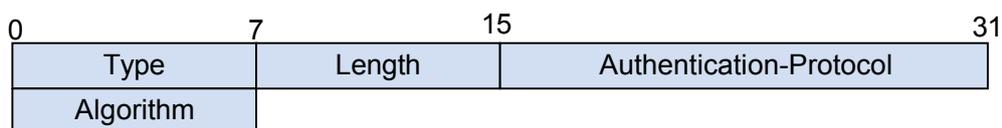
- 验证方配置了用户名的验证过程
 - 验证方主动发起验证请求，验证方向被验证方发送一些随机产生的报文（Challenge），并同时将被验证方的用户名附带上一起发送给被验证方。
 - 被验证方接到验证方的验证请求后，先检查本端接口上是否配置了 **ppp chap password** 命令，如果配置了该命令，则被验证方用报文 ID、命令中配置的用户名和密码和 MD5 算法对该随机报文进行加密，将生成的密文和自己的用户名发回验证方（Response）。如果接口上未配置 **ppp chap password** 命令，则根据此报文中验证方的用户名在本端的用户表查找该用户对应的密码，用报文 ID、此用户的密文（密码）和 MD5 算法对该随机报文进行加密，将生成的密文和被验证方自己的用户名发回验证方（Response）。
 - 验证方用自己保存的被验证方密码和 MD5 算法对原随机报文加密，比较二者的密文，根据比较结果返回不同的响应。
- 验证方没有配置用户名
 - 验证方主动发起验证请求，验证方向被验证方发送一些随机产生的报文（Challenge）。
 - 被验证方接到验证方的验证请求后，利用报文 ID、**ppp chap password** 命令配置的 CHAP 密码和 MD5 算法对该随机报文进行加密，将生成的密文和自己的用户名发回验证方（Response）。

- 验证方用自己保存的被验证方密码和 MD5 算法对原随机报文加密，比较二者的密文，根据比较结果返回不同的响应。

协商验证协议的配置参数选项格式

协商 CHAP 协议的配置参数选项帧格式如图 3-10 所示。

图 3-10 CHAP 的配置参数选项帧格式



各字段含义如表 3-9 所示。

表 3-9 CHAP 的配置参数选项各字段解释表

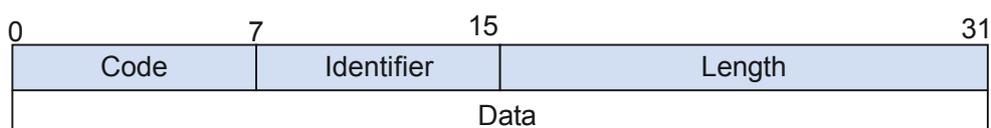
字段	长度（字节）	取值与含义
Type	1	验证报文的该字段取值为 0x03。
Length	1	此时固定是 5，表示该报文的总长度是 5 个字节。
Authentication-Protocol	2	CHAP 验证协议的该字段取值为 0xC223。协商验证协议时，配置参数选项的 DATA 字段就表示认证协议的类型。
Algorithm	1	表示使用的一次加密算法。 ● 0 ~ 4: 不用，保留 ● 5: MD5 算法

CHAP 验证报文帧格式

CHAP 报文封装在协议域为 0xC223 的 PPP 数据链路层帧的信息域中。

CHAP 报文格式如图 3-11 所示。

图 3-11 CHAP 报文的帧格式



各字段含义如表 3-10 所示。

表 3-10 CHAP 报文帧格式各字段解释表

字段	长度（字节）	取值与含义
Code	1	表示 CHAP 报文的类型。 <ul style="list-style-type: none"> ● 1 表示 Challenge 报文 ● 2 表示 Response 报文 ● 3 表示 Success 报文 ● 4 表示 Failure 报文
Identifier	1	表示挑战报文、应答报文等之间的对应。
Length	2	表示包括 Code、Identifier、Length 和 Data 域在内的 CHAP 报文的长度。超出该长度值的字节应该被认为是数据链路层的填充字节，在接收时应该被忽略。
Data	0 或多个	Data 域的格式由 Code 域值决定。具体请参见 CHAP 验证报文

CHAP 验证报文

- Challenge 报文和 Response 报文

Challenge 报文用来发起 CHAP 验证。

在验证阶段，被验证方要等待验证方发送 Challenge 报文。只要接收到 Challenge 报文，被验证方必须返回一个 Response 报文。

只要接收到 Response 报文，验证方就会把自己计算的值和返回值进行比较。根据比较的结果，验证方返回不同的 Response 报文。

Challenge 报文和 Response 报文的帧格式如 [图 3-12](#) 所示。

图 3-12 Challenge 报文和 Response 报文帧格式

0	7	15	31
Code	Identifier	Length	
Value-size	Value	Name	

各字段的含义如 [表 3-11](#) 所示。

表 3-11 Challenge 报文和 Response 报文的帧格式各字段解释表

字段	长度（字节）	取值与含义
Code	1	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 表示是 Challenge 报文 ● 2 表示是 Response 报文
Identifier	1	它标识 Challenge 报文和 Response 报文的对应关系。

字段	长度（字节）	取值与含义
Length	2	表示该报文的总长度。
Value-size	1	表示 Value 域的长度。
Value	1 或多个	Challenge 报文中，此域的内容是一些字节流。Response 报文中此域的内容是 Challenge 报文字节流经过一次哈希算法后得到的值。
Name	1 或多个	表示发送该报文的系统标识。该域的长度由 Length 域决定。

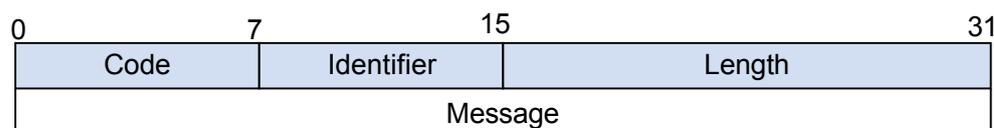
● Success 报文和 Failure 报文

如果验证方接收到的值和自己计算的值相同，验证方必须要返回一个 Success 报文，表示验证通过。

如果验证方接收到的值和自己计算出的值不同，验证方必须返回一个 Failure 报文，表示验证失败。并且应该终止链路连接。

Success 报文和 Failure 报文格式如图 3-13 所示。

图 3-13 Success 报文和 Failure 报文帧格式



各字段的含义如表 3-12 所示。

表 3-12 Success 报文和 Failure 报文帧格式各字段解释表

字段	长度（字节）	取值与含义
Code	1	<ul style="list-style-type: none"> ● 3 表示 Success 报文 ● 4 表示 Failure 报文
Identifier	1	表示 Success 报文和 Failure 报文的对应关系。
Length	2	表示该报文的总长度。
Message	0 或多个	Success 报文和 Failure 报文的补充描述信息，一般使用 ASCII 字符表示。

3.4.6 MP 的协商过程

MP 的协商较为特殊。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：

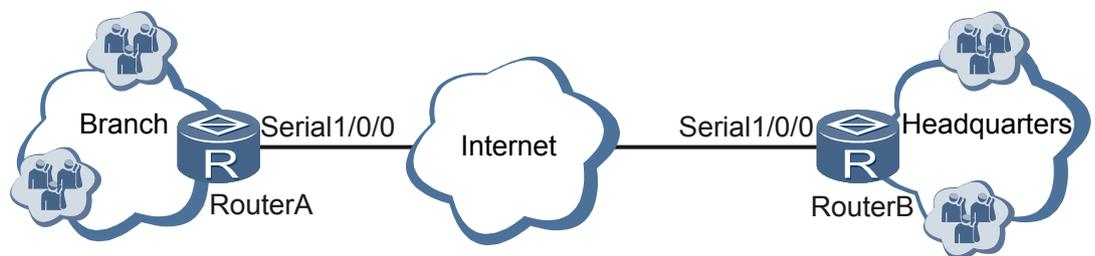
- LCP 协商：两端首先进行 LCP 协商，除了协商一般的 LCP 参数外，还要验证对端接口是否也工作在 MP 方式下。如果两端工作方式不同，LCP 协商不成功。
 - NCP 协商：根据 MP-Group 接口或指定虚拟接口模板的各项 NCP 参数（如 IP 地址等）进行 NCP 协商，物理接口配置的 NCP 参数不起作用。
- NCP 协商通过后，即可建立 MP 链路。

3.5 应用

3.5.1 PPP

企业分支机构和总部间可以通过 PPP 链路实现园区网间的互联。

图 3-14 通过 PPP 链路通信示意图



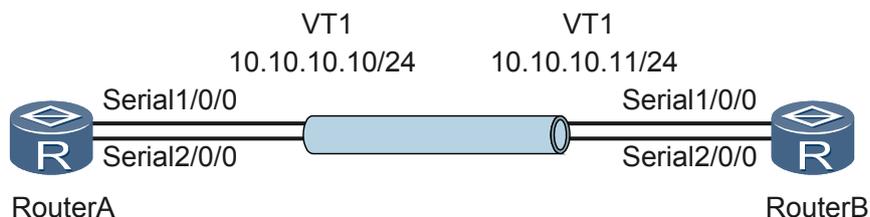
3.5.2 MP

为了增加带宽，可以将多个 PPP 链路捆绑成 MP 使用。

为了减少语音报文的传输延时，需要使用 MP 的分片功能。较大报文在通过链路时，传输的时间也较长，占用链路的时间也长。对于队列中后续对实时性要求高的报文（例如：语音报文），可能造成延时，影响用户体验。这时，将大报文进行分片，将小报文和大报文的分片一起加入到队列，即可解决上述问题。

将多个串口绑定实现 MP 的场景如图 3-15 所示。

图 3-15 路由器通过 MP 链路通信示意图



3.6 术语与缩略语

术语

术语	解释
虚拟访问接口	虚拟访问接口是动态生成、临时存在的虚拟接口模板的实例。不同的应用可以创建不同的虚拟访问接口。
虚拟接口模板	虚拟接口模板是虚拟访问接口的模板，它只提供虚拟访问接口的公共属性。真正用于通信的是虚拟访问接口。但是虚拟访问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虚拟访问接口。

缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
CHAP	Challenge-Handshake Authentication Protocol	盘问握手认证协议
FCS	Frame Check Sequence	帧校验序列
LCP	Link Control Protocol	链路控制协议
MP	Multilink Point-to-Point Protocol	多链路点到点协议
MRRU	Max Receive Reconstructed Unit	最大接收重组单元
MRU	Max Receive Unit	最大接收单元
NCP	Network Control Protocol	网络控制协议
OSI	Open System Interconnection	开放系统互联
PAP	Password Authentication Protocol	密码认证协议
PPP	Point-to-Point Protocol	点到点协议
SLIP	Serial Line Internet Protocol	串行线路因特网协议

4 PPPoE

关于本章

介绍了 PPPoE 的基本原理、基本概念和实际应用。

[4.1 介绍](#)

[4.2 参考标准和协议](#)

[4.3 可获得性](#)

[4.4 原理描述](#)

[4.5 应用](#)

[4.6 术语与缩略语](#)

4.1 介绍

定义

PPPoE (PPP over Ethernet) 协议提供了在广播式的网络 (如以太网) 中多台主机连接到远端的访问集中器 (访问集中器也称为宽带接入服务器) 上的一种标准。

目的

当用户接入服务器、服务提供商为多个用户同时提供服务时:

- 用户希望接入成本低, 不要或者很少改变配置即可接入成功。以太网无疑是最好的组网方式。
- 服务提供商希望通过同一个接入服务器连接到远程站点上的多个主机, 同时要求服务器能提供与使用 PPP 拨号上网类似的访问控制功能和支付功能。

PPP 协议应用虽然很广泛, 但是不能应用于以太网, 因此提出了 PPPoE 技术。PPPoE 协议是对 PPP 的扩展, 它可以使 PPP 协议应用于以太网。

受益

PPPoE 特性给企业用户带来了如下的受益:

- PPPoE Server 为网吧、小区、酒店、学校等特殊场合提供了灵活的网络接入控制方式, 包括认证、计费等。
- 通过 PPPoE Client, 同一局域网内的用户可以使用同一个帐号拨入 Internet, 且用户不需要安装 PPPoE 拨号软件, 简化了用户的操作和企业的维护工作。

4.2 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
RFC2516	A Method for Transmitting PPP Over Ethernet (PPPoE)	-
RFC1661	The Point-to-Point Protocol (PPP)	-

4.3 可获得性

涉及网元

PPPoE 属于一种接入技术, 所以需要 PPPoE Server 与 PPPoE Client 配合才能完成 PPPoE 功能。

当 AR2200-S 设备作为 PPPoE Server 时, 局域网内的 PC 需要安装 PPPoE 拨号软件, 充当 PPPoE Client 的角色; 当 AR2200-S 设备将 PPPoE 作为一种 WAN (Wide Area

Network) 接入方式时, AR2200-S 充当 PPPoE Client 的角色, BRAS (Broadband Remote Access Server) 作为 PPPoE Server。

License 支持

本特性不需要 License 支持。

版本支持

表 4-1 PPPoE 特性的版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

硬件要求

AR2200-S 设备上要插入 2FE 或 1GEC 单板。

4.4 原理描述

PPPoE 协议描述了 PPPoE 帧格式及 PPPoE 会话的建立过程。

4.4.1 PPPoE 帧格式

RFC2516 定义了以太网的帧格式如图 4-1 所示。

图 4-1 以太网的帧格式

Destination_address (6 bytes)
Source_address (6 bytes)
Ethernet_Type (2 bytes)
Payload
Checksum

以太网帧格式中各域的含义如下。

Destination_address 域

以太网单播目的地址或者以太网广播地址 (0xFFFFFFFF)。

- 在 Discovery 数据包中, 该域的值是以太网广播地址。
- 在 PPPoE 会话流量中, 该域必须是 Discovery 阶段已经确定的通信对方的单播地址。

Source_address 域

源设备的以太网 MAC 地址。

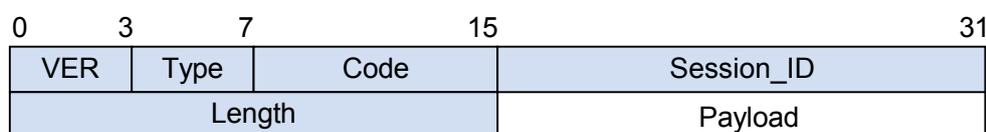
Ethernet_Type 域

- 当值为 0x8863 时表示 Discovery 阶段
- 当值为 0x8864 时表示 PPPoE 会话阶段

Payload 域

PPPoE 的 Payload 报文格式如图 4-2 所示。

图 4-2 PPPoE 的 Payload 报文格式



PPPoE 的 Payload 报文中各域的含义如下：

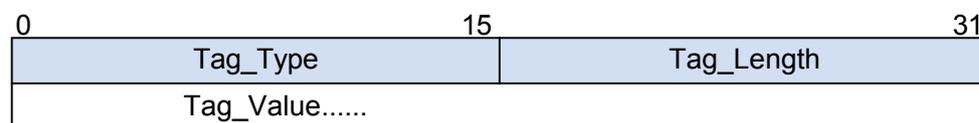
- VER: 长度是 4 比特。PPPoE 规范的本版本必须设置为 0x01。
- Type: 长度是 4 比特。PPPoE 规范的本版本必须设置为 0x01。
- Code: 长度是 8 比特。其定义在后面的 Discovery 和 PPPoE 会话中分别指定。
- Session_ID: 长度是 16 比特。是一个网络字节序的无符号值。其值在后面 Discovery 数据包中定义。

对一个给定的 PPPoE 会话来说该值是一个固定值，并且与以太网 Source_address 和 Destination_address 一起实际地定义了一个 PPPoE 会话。

值 0xFFFF 为将来的使用保留，不允许使用。

- Length: 长度是 16 比特。该值是 PPPoE 的 Payload 长度。它不包括以太网头部和 PPPoE 头部的长度。
- Payload: PPPoE 的 Payload，包含 0 个或多个 Tag。一个 Tag 是一个 TLV (Type-Length-Value) 结构，其帧结构定义如图 4-3 所示。

图 4-3 Tag 帧结构



- Tag_Type: 长度是 16 比特，也就是网络字节序。表 4-2 列出了各种 Tag_Type 和 Tag_Value 的对应关系和含义。
- Tag_Length 域的长度是 16 比特，是一个网络字节序的无符号值，表明 Tag_Value 的字节数。

如果收到的 Discovery 数据包中包含未知的 Tag_Type，则必须忽略掉该 Tag。

表 4-2 Tag_Type 和 Tag_Value 对应关系表

Tag_Value	Tag_Type	含义
0x0000	End-Of-List	该 Tag 表明是最后一个 Tag。该 Tag 的 Tag_Length 必须总是 0。不要求使用该标签，它是为了向后兼容。
0x0101	Service-Name	该 Tag 表明后面紧跟的是服务的名称。 <ul style="list-style-type: none"> ● Tag_Value 是不以 NULL 结束的字符串。 ● 当 Tag_Length 为 0 时，该 Tag 用于表明接受任何服务。 Service-Name 标签是表明 Internet 服务提供商 ISP 或者一类服务或者服务的质量。
0x0102	AC-Name	该 Tag 表明后面紧跟的字符串唯一地表示了某个特定的接入服务器。它可以是商标、型号以及序列号等信息的集合，或者该接入服务器 MAC 地址的一个简单表示。它不以 NULL 来结束。
0x0103	Host-Uniq	该 Tag 由主机用于把接入服务器的响应报文（PADO 或者 PADS）与主机的某个唯一特定的请求联系起来。Tag_Value 是主机选择的长度和值，可以是任意的二进制数据。它不能由接入服务器解释。主机可以在 PADI 或者 PADR 中包含一个 Host-Uniq 标签。如果接入服务器收到了该标签，它必须在对应的 PADO 或者 PADS 中不加改变的包含该标签。
0x0104	AC-Cookie	该 Tag 由接入服务器用于防止服务攻击。接入服务器可以在 PADO 数据包中包含该 Tag。如果主机收到了该标签，它必须在接下来的 PADR 中不加改变的包含该标签。Tag_Value 的长度和值都是任意的二进制数据。
0x0105	Vendor-Specific	该 Tag 用来传送厂商自定义的信息。Tag_Value 的前 4 个字节包含了厂商的识别码，其余字节尚未定义。厂商识别码的高字节为 0，低 3 个字节为网络字节序的厂商的 SMI 网络管理专用企业码。不推荐使用该 Tag。为了确保互操作性，在实现过程中，可以忽略 Vendor-Specific Tag。

Tag_Value	Tag_Type	含义
0x0110	Relay-Session-Id	该 Tag 可由中继流量的中间代理加入到 Discovery 数据包中。Tag_Value 对主机和接入服务器都是不透明。如果主机或接入服务器收到该 Tag，则它们必须在所有的 Discovery 数据包中包含该 Tag 以作为响应。所有的 PADI 数据包必须保证足够空间来加入 Tag_Value 长度为 12 字节的 Relay-Session-Id 标签。如果 Discovery 数据包中已经包含一个 Relay-Session-Id 标签，则不允许再加入该标签。这种情况下，中间代理应该使用该 Relay-Session-Id 标签。如果它不能使用现有的标签，或者没有足够空间来增加一个 Relay-Session-Id 标签，那么它应该向发送者返回一个 Generic-Error 标签。
0x0201	Service-Name-Error	该 Tag 典型的有一个长度为零的数据部分。它表明了由于某种原因，没有理睬所请求的 Service-Name。如果有数据部分，并且数据部分的头一个字节非 0，那么它必须是一个可打印字符串，解释请求被拒绝的原因。该字符串可以不以 NULL 结束。
0x0202	AC-System-Error	该 Tag 表明了接入服务器在处理主机请求时出现了某个错误。例如没有足够资源来创建一个虚拟电路。PADS 数据包中可以包含该标签。如果有数据，并且数据的第一个字节不为 0，那么数据必须是一个可打印字符串，该字符串解释了错误的性质。该字符串可以不以 NULL 结束。
0x0203	Generic-Error	该 Tag 表明发生了一个错误。当发生一个不可恢复的错误并且没有其它合适的 Tag 时，它可被加到 PADO、PADR 或 PADS 数据包中。如果出现数据部分，那么数据必须是一个解释错误性质的字符串。该字符串不允许以 NULL 结束。

Checksum 域

校验和字段，用于检验报文的正确性。

4.4.2 PPPoE 会话建立过程

PPPoE 会话建立过程分为以下两个阶段：

- Discovery 阶段：地址发现阶段
- PPPoE Session 阶段：PPPoE 会话阶段

为了在以太网上建立点到点连接，每一个 PPPoE 会话必须知道通信对方的以太网地址，并建立一个唯一的会话标识符。PPPoE 通过地址发现协议查找对方的以太网地址。

当某个主机希望发起一个 PPPoE 会话时，它首先通过地址发现协议来确定对方的以太网 MAC 地址并建立起一个 PPPoE 会话标识符 Session ID。

虽然 PPP 定义的是点到点的对等关系，地址发现却是一种客户端-服务器关系。在地址发现的过程中，主机作为客户端，发现某个作为服务器的接入访问集中器 AC（Access Concentrator）的以太网地址。

根据网络的拓扑结构，可能主机跟不止一个访问集中器通信。Discovery 阶段允许主机发现所有的访问集中器，并从中选择一个进行通信。

当 Discovery 阶段成功完成之后，主机和访问集中器两者都具备了在以太网上建立点到点连接所需的所有信息。

在开始建立一个 PPPoE 会话之前，Discovery 阶段一直保持无状态（stateless）。

一旦开始建立 PPPoE 会话，主机和作为接入服务器的访问集中器都必须为一个 PPP 虚拟接口分配资源。

进入 PPPoE 会话阶段后，需要进行 LCP 协商，协商得到的 MRU 值最大为 1492 字节。因为以太帧长最大为 1500 字节，而 PPPoE 帧头为 6 字节、PPP 协议 ID 为 2 字节，因此 PPP 的 MTU 值最大为 1492。当 LCP 断开连接时，主机和访问集中器之间停止 PPPoE 会话，如果主机需要重新开始 PPPoE 会话，需要重新回到 PPPoE Discovery 阶段。

LCP 协商成功后，还需要进行 NCP 协商，协商成功后，主机和接入服务器便可以通信了。关于 LCP 和 NCP 协商过程，请参见 [3.4.3 PPP 的建链过程](#)。

Discovery 阶段

Discovery 阶段基本原理

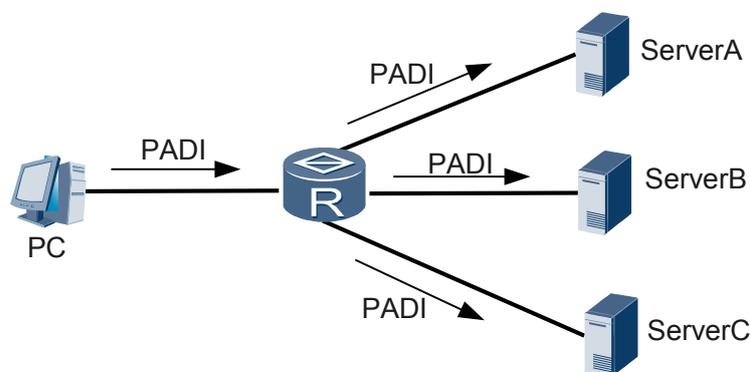
当主机开始通过 PPPoE 接入服务器时，它必须先识别接入端的以太网 MAC 地址，建立 PPPoE 的 Session_ID。这就是 Discovery 阶段的目的。

Discovery 阶段由四个过程组成。完成之后通信双方都会知道 PPPoE 的 Session_ID 以及对方以太网地址，它们共同确定了唯一的 PPPoE 会话。

Discovery 阶段的四个过程如下。

1. 主机在本以太网内广播一个 PADI（PPPoE Active Discovery Initial）报文，在此报文中包含主机想要得到的服务类型信息。

图 4-4 主机以广播形式发送 PADI 报文

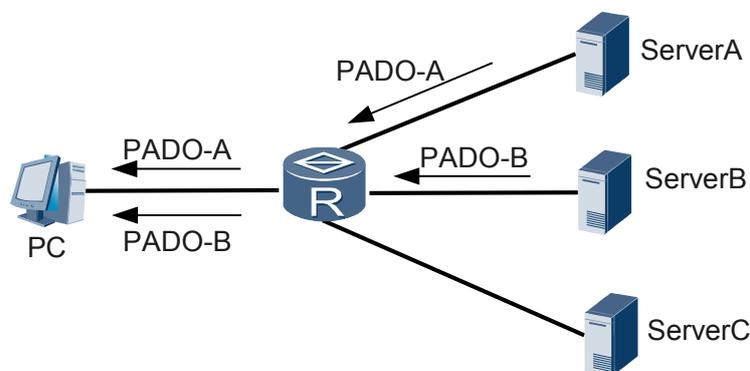


说明

- 如果在 PPPoE 的服务器端配置 service-name，Client 将发送 Discovery 阶段的 PADI 报文给服务器端请求建立连接。
 - 如果该 PADI 报文中包含有不为空的服务-name 时，服务器端将用配置的 service-name 和该报文中的 service-name 进行完全匹配性检测。如果两者完全相同，服务器端提供后续服务，否则，服务器端不提供服务。
 - 以上是两者的 service-name 都不为空时的情况。但如果两者中有一个 service-name 为空，就不进行此项检测，直接按照原来的程序执行。AR2200-S 设备不支持配置 service-name。
2. 以太网内的所有服务器收到这个 PADI 报文后，将其中请求的服务与自己能提供的服务进行比较，可以提供此服务的服务器发回 PADO（PPPoE Active Discovery Offer）报文。

如图 4-5 中，ServerA 和 ServerB 都可以提供服务，所以都会向主机发回 PADO 报文。

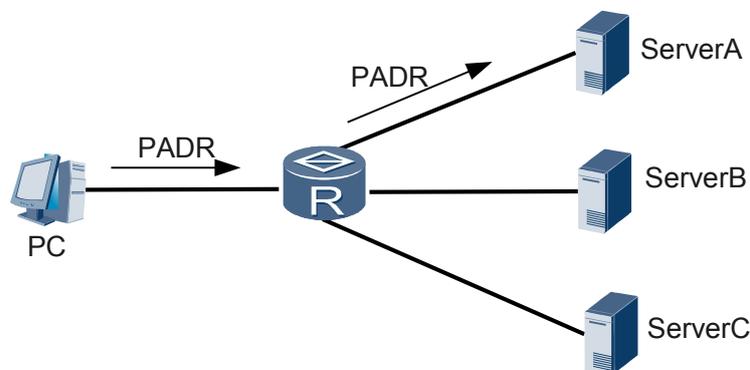
图 4-5 服务器发回 PADO 报文



3. 主机可能收到多个服务器的 PADO 报文，主机将依据 PADO 的内容，从多个服务器中选择一个，并向它发回一个会话请求报文 PADR（PPPoE Active Discovery Request）。

如图 4-6 所示，主机选择 ServerA，并发回 PADR 报文。

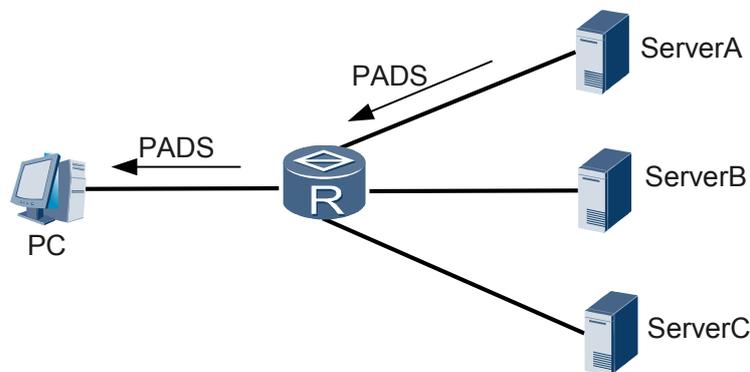
图 4-6 主机选择一个服务器并发送 PADR 报文



- 服务器产生一个唯一的会话标识，标识和主机的这段 PPPoE 会话。并把此会话标识通过会话确认报文 PADS (PPPoE Active Discovery Session-confirmation) 发回给主机，如果没有错误，双方进入 PPPoE Session 阶段。

例如在图 4-7 中，ServerA 收到 PADR 报文后，会向主机发送 PADS 报文。

图 4-7 服务器向主机发回 PADS 报文



接入服务器发送确认数据包后，它就可以进入到 PPPoE 会话阶段。当主机接收到该确认数据包后，它就可以进入 PPPoE 会话阶段。

PADI 数据包

主机发送的 PADI 数据包中，Destination_address 域为广播地址，Code 域设置为 0x09，Session_ID 域设置为 0x0000。

PADI 数据包必须包含且仅包含一个 Tag_Type 为 Service-Name 的 Tag，以表明主机请求的服务，以及任意数目的其它类型的 TAG。整个 PADI 数据包，包括 PPPoE 头部不允许超过 1484 个字节，以预留空间让中继代理向数据包中增加类型为 Relay-Session-Id 的 Tag。

图 4-8 PADI 报文结构示例图

0	15	19	23	31
0xFFFFFFFF				
0xFFFF		Host_MAC_address		
Host_MAC_address (Continue)				
Ethernet_Type (0x8863)		V = 1	T = 1	Code (0x09)
Session_ID (0x0000)		Length (0x0004)		
Tag_Type (0x0101)		Tag_Length (0x0000)		

PADO 数据包

如果接入服务器能够为收到的 PADI 请求提供服务，它将通过发送一个 PADO 数据包来做出应答。Destination_address 是发送 PADI 报文的主机的单播地址，Code 域设置为 0x07，Session_ID 域设置为 0x0000。

PADO 数据包必须包含一个类型为 AC-Name 的 Tag，AC 是接入服务器的名字。还必须包含与 PADI 中相同的 Service-Name，以及任意数目的类型为 Service-Name 的 Tag，表明接入服务器提供的其它服务。

如果接入服务器不能为 PADI 提供服务，则不允许用 PADO 作响应。

图 4-9 PADO 报文结构示例图

0	15	19	23	31
Host_MAC_address				
Host_MAC_address (Continue)		Access_Concentrator_MAC_address		
Access_Concentrator_MAC_address (Continue)				
Ethernet_Type (0x8863)		V = 1	T = 1	Code (0x07)
Session_ID (0x0000)		Length (0x0020)		
Tag_Type (0x0101)		Tag_Length (0x0000)		
Tag_Type (0x0102)		Tag_Length (0x0018)		
0x47	0x6F	0x20	0x52	
0x65	0x64	0x42	0x61	
0x63	0x6B	0x20	0x2D	
0x20	0x65	0x73	0x68	
0x73	0x68	0x65	0x73	
0x68	0x6F	0x6F	0x74	

PADR 数据包

由于 PADI 是广播的，主机可能收到不止一个 PADO 回应报文。它将审查接收到的所有 PADO 报文，并根据其中的 AC-Name 或 PADO 所提供的服务来选择一个做为自己的服务器。

主机向选中的接入服务器发送一个 PADR 数据包。其中，Destination_address 域设置为发送 PADO 的接入服务器的单播地址，Code 域设置为 0x19，Session_ID 设置为 0x0000。

PADR 必须包含且仅包含一个 Tag_Type 为 Service-Name 的 TAG，表明主机请求的服务，以及任意数目其他类型的 Tag。

PADS 数据包

当接入服务器收到一个 PADR 数据包，它就准备开始一个 PPPoE 会话。接入服务器为 PPPoE 会话创建一个唯一的 Session_ID 并用一个 PADS 数据包向主机响应。

Destination_address 域是发送 PADR 数据包的主机的单播以太网地址，Code 域设置为 0x65，Session_ID 设置为创建好的 PPPoE 会话标识符。

PADS 数据包中包含且仅包含一个 Tag_Type 为 Service-Name 的 Tag，表明接入服务器已经接受的该 PPPoE 会话的服务类型，以及任意数目的其他类型的 Tag。

如果接入服务器不接受 PADR 中的 Service-Name，则接入服务器也回应给主机一个 PADS 报文，但该 PADS 中带有类型为 Service-Name-Error 的 Tag 以及任意数目的其它 TAG 类型。这种情况下，Session_ID 必须设置为 0x0000。

PADT 数据包

PADT (PPPoE Active Discovery Terminate) 数据包可以在会话建立以后的任意时刻发送, 表明 PPPoE 会话已经终止。

它可以由主机或接入服务器发送, Destination_address 域为单播以太网地址, Code 域设置为 0xA7, Session_ID 必须表明终止的会话, 这种数据包不需要任何 Tag。

当收到 PADT 以后, 就不允许再使用该会话发送 PPP 流量了。在发送或接收到 PADT 后, 即使是常规的 PPP 结束数据包也不允许发送。

PPP 通信双方应该使用 PPP 协议自身来结束 PPPoE 会话, 但在无法使用 PPP 时可以使用 PADT 结束通信。

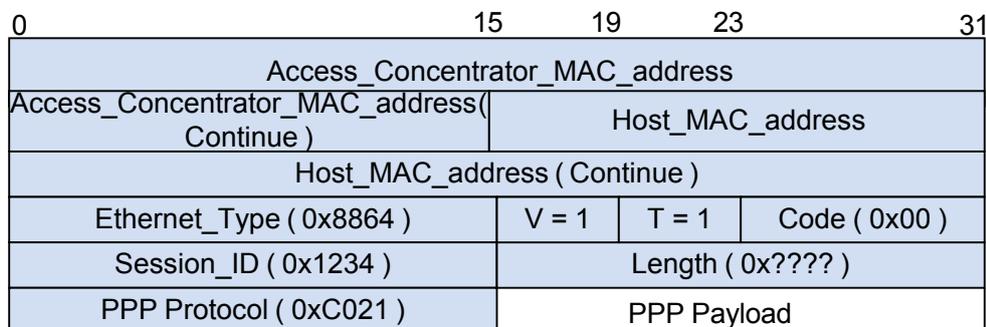
PPPoE 会话阶段

PPPoE 会话 (PPPoE Session) 开始后, PPP 报文作为 PPPoE 帧的净荷, 封装在以太网帧发送到对端。

这时所有的以太网数据包都是单播的。

- Ethernet_Type 域设置为 0x8864。
- PPPoE 的 Code 必须设置为 0x00。
- PPPoE 会话的 Session_ID 不允许发生改变, 必须是 Discovery 阶段所指定的值。
- PPPoE 的 Payload 包含一个 PPP 帧。PPP 帧的开始字段是 PPP Protocol-ID。

图 4-10 从主机发送到接入服务器的 PPP LCP 数据包示例图



进入 PPPoE Session 阶段后, 主机或服务器任何一方都可发 PADT 报文通知对方结束 PPPoE 会话。

4.5 应用

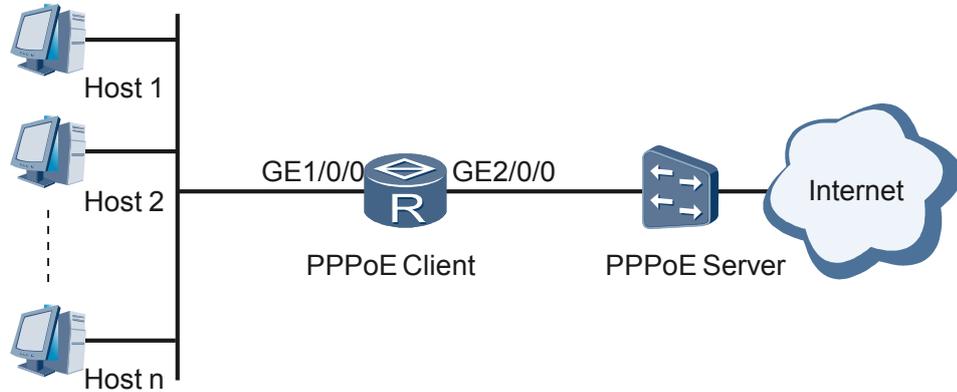
4.5.1 PPPoE Client

当 AR2200-S 设备将 PPPoE 作为一种 WAN (Wide Area Network) 接入方式时, AR2200-S 充当 PPPoE Client 的角色, BRAS (Broadband Remote Access Server) 作为 PPPoE Server。

如图 4-11 所示，在 AR2200-S 和 PPPoE Server 之间建立 PPPoE 会话，局域网内的所有主机通过同一个会话传送数据。

一般情况下，局域网内的主机使用私网 IP 地址，这就要求 AR2200-S 需要提供 NAT (Network Address Translation) 功能，实现将主机的私网 IP 地址转换为公网 IP 地址。

图 4-11 AR2200-S 作为 PPPoE Client 典型组网图

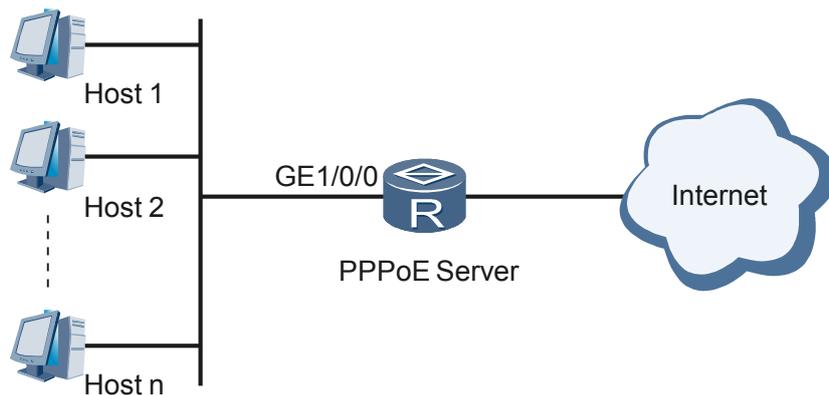


这种组网方式不需要在用户主机上安装 PPPoE 客户端拨号软件。

4.5.2 PPPoE Server

AR2200-S 设备提供了 PPPoE Server 的功能，支持动态分配 IP 地址，提供本地认证、RADIUS/HWTACACS 等多种认证方式，配合包过滤防火墙及状态防火墙，可以对内部网络提供安全保障，适用于校园、智能小区等通过以太网接入 Internet 的组网应用。

图 4-12 AR2200-S 作为 PPPoE Server 典型组网图



这种组网方式需要在用户主机上安装 PPPoE 客户端拨号软件。

4.6 术语与缩略语

缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
PADI	PPPoE Active Discovery Initial	PPPoE 激活发现阶段起始报文
PADO	PPPoE Active Discovery Offer	PPPoE 激活发现阶段服务报文
PADR	PPPoE Active Discovery Request	PPPoE 激活发现阶段会话请求报文
PADS	PPPoE Active Discovery Session-confirmation	PPPoE 激活发现阶段会话确认报文
PADT	PPPoE Active Discovery Terminate	PPPoE 激活发现阶段会话终止报文
PPPoE	PPP over Ethernet	以太网承载 PPP 协议

5 ISDN

关于本章

介绍了 ISDN 的基本原理、基本概念和实际应用。

[5.1 介绍](#)

[5.2 参考标准和协议](#)

[5.3 可获得性](#)

[5.4 原理描述](#)

[5.5 应用](#)

[5.6 术语与缩略语](#)

5.1 介绍

定义

ISDN (Intergrated Services Digital Network) 由 IDN (Intergrated Digital Network) 演变而成, 提供端到端的数字连接。

ISDN 为语音、视频和数据提供综合传输业务, 能够使语音、视频和数据信息分别在不同的数据通道上实现同时传输。

ISDN 支持两种接口类型:

- 基本速率接口 BRI (Basic Rate Interface): 提供 144Kbit/s 的速率, 包含 2 个 B 信道和 1 个 D 信道。
- 主速率接口 PRI (Primary Rate Interface): 主速率接口又称基群速率接口。PRI 接口根据传输制式的不同又分以下两种。
 - E1: 提供 2.048Mbit/s 的速率, 包含 30 个 B 信道和 1 个 D 信道。
 - T1: 提供 1.544Mbit/s 的速率, 包含 23 个 B 信道和 1 个 D 信道。

其中, B 信道主要用来承载业务, D 信道传输呼叫控制信令和维护管理信令。B 信道的速率是 64Kbit/s; D 信道的速率是 64Kbit/s (PRI) 或 16Kbit/s (BRI)。

目的

在 AR2200-S 上提供 ISDN 接入功能, 为用户提供语音、视频和数据等综合业务接入。

受益

ISDN 网络在某些国家已经得到较大范围的普及应用。支持 ISDN 功能的 AR2200-S 设备, 对于企业网用户, 可以继续使用已经购买的 ISDN 类终端设备。

AR2200-S 设备支持 ISDN 专线业务, 用户可根据业务需要选择 64K 或 128K 专线, 减少企业网分支机构与总部或其他分支机构之间建立连接的时间。

5.2 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
Q.921	ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) 制定的 ISDN 二层协议标准	-
Q.931	ITU-T 制定的 ISDN 三层协议标准	-
DSS1	1 号数字用户信令	

5.3 可获得性

涉及网元

ISDN 特性需要 AR2200-S 与 ISDN 网络中的交换机进行连接建立呼叫，由于 ITU-T 提出的 ISDN 协议在不同的地区根据提供业务的不同，产生了地域性的差别，因此需要 AR2200-S 设备与 ISDN 网络交换机支持相同的 ISDN 协议。

License 支持

本特性不需要 License 支持。

版本支持

表 5-1 ISDN 特性的版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

硬件要求

使用 ISDN 特性，要求 AR2200-S 设备上插有 1E1T1-M、2E1T1-M 或 1BST 接口卡。

5.4 原理描述

这里仅介绍 ISDN 二层和三层协议的基本知识，如需要深入理解协议细节，请参考对应的标准文档。

5.4.1 ISDN 协议架构

ISDN 协议参考了 OSI（Open Systems Interconnection）7 层协议模型，在用户-网络接口处实现了 OSI 的第一、二、三层，ISDN 协议层次如图 5-1 所示。

图 5-1 ISDN 协议层次

	D Channel	B Channel
Layer3	DSS1(Q.931)	IP/IPX
Layer2	LAPD(Q.921)	PPP/HDLC/FR
Layer1	I.430/I.431	

物理层：因为 B 信道和 D 信道复用在同一个物理层接口上，所以在物理层 ISDN 的 B 信道和 D 信道使用相同的协议：I.430(BRI)和 I.431(PRI)。

数据链路层：ISDN 协议没有特别为 B 信道定义二层的协议，所以只要能把 B 信道上的数据透明的传送到对端，这样的协议经两端协商后都可以使用。例如：PPP、HDLC 和 FR，AR2200-S 设备目前支持的 B 信道二层协议为 PPP 和 FR；D 信道上使用 Q.921 标准定义的 LAPD（Link Access Protocol for D-Channel）协议，主要负责承载三层或层管理实体产生的消息和数据。

网络层：同样，ISDN 协议栈也没有为 B 信道定义特定的三层协议；而定义了 D 信道上的三层协议遵循 Q.931 标准。Q.931 标准定义的 DSS1 协议（Digital Subscriber Signaling System No.1）主要用于控制和管理 B 信道上呼叫的建立和释放，在不同的国家基于业务应用又形成了各自的分支协议，如美国的 NI、NI2 协议，欧洲的 ETSI 协议，日本的 NTT 协议等。AR2200-S 设备目前支持标准的 DSS1 协议。

因此，ISDN 协议中二层和三层协议尤为重要。

5.4.2 ISDN 二层协议

LAPD 协议的主要功能

ISDN 二层协议遵循 Q.921 标准，学名为 LAPD。LAPD 协议主要功能如下：

- 在 ISDN D 信道承载信令报文
- TEI（Terminal Endpoint Identifier）分配和管理
- 进行顺序控制
- 进行差错检测和恢复
- 进行流量控制，避免发生链路过载

LAPD 协议帧格式

LAPD 帧格式有两种：Format A 和 Format B，其中 Format A 为无信息字段帧，Format B 为有信息字段帧。帧格式如图 5-2 所示。

图 5-2 LAPD 帧格式

Format A

Flag	Address Field	Control Field	FCS	Flag
------	---------------	---------------	-----	------

Format B

Flag	Address Field	Control Field	Information	FCS	Flag
------	---------------	---------------	-------------	-----	------

各字段的含义及取值如下：

- Flag：标志位，表示一帧的开始和结束。长度为 1 字节，取值固定为 0x7E。
- Address Field：地址字段的长度为 2 字节，格式如图 5-3 所示。

图 5-3 地址字段格式

8	...	3	2	1
SAPI			C/R	EA1
TEI				EA2

- SAPI: 业务接入点标识符 SAPI (Service Access Point Identifier), 用于确定消息的类型。SAPI=63 表示二层 TEI 管理消息; SAPI=0 表示三层呼叫管理消息。
- C/R: 命令/响应标识。从用户侧到网络侧的命令取值为 0, 从用户侧到网络侧的响应取值为 1; 从网络侧到用户侧的取值与从用户侧到网络侧的取值相反。
- EA1: First Address Extension, 取值为 0。
- EA2: Second Address Extension, 取值为 1。
- TEI: 终端设备标识符 TEI。取值范围及用途如下:
 - 0 ~ 63 是固定分配值, 具体值由用户自行决定。AR2200-S 设备不支持用户配置 TEI 值。
 - 64 ~ 126 是自动分配值, 由用户终端请求, 由网络来分配。
 - 127 是广播值, 当寻址一个网络不能识别的指定设备时使用。
- Control Field: 控制字段由 1 或 2 字节组成, 具体根据帧类型决定。控制字段标识消息使用的三种帧类型:
 - I (Information): 信息帧, 传送有效信息或数据。
 - S (Supervisory): 监控帧, 用于差错控制和流量控制, 通过监控帧可以实现对发生错误的信息数据进行重传。
 - U (Unnumbered): 无编号帧, 提供对链路的建立、拆除以及多种控制功能。
 三种帧的详细帧格式, 请参考 LAPD 协议标准。
- Information: 信息字段长度为字节的整数倍, 用于传输 TEI 管理消息或三层呼叫管理消息。
- FCS: 帧校验序列 FCS (Frame Check Sequence) 字段长度为 2 字节, 用于进行帧校验, 保证接收帧的正确性。

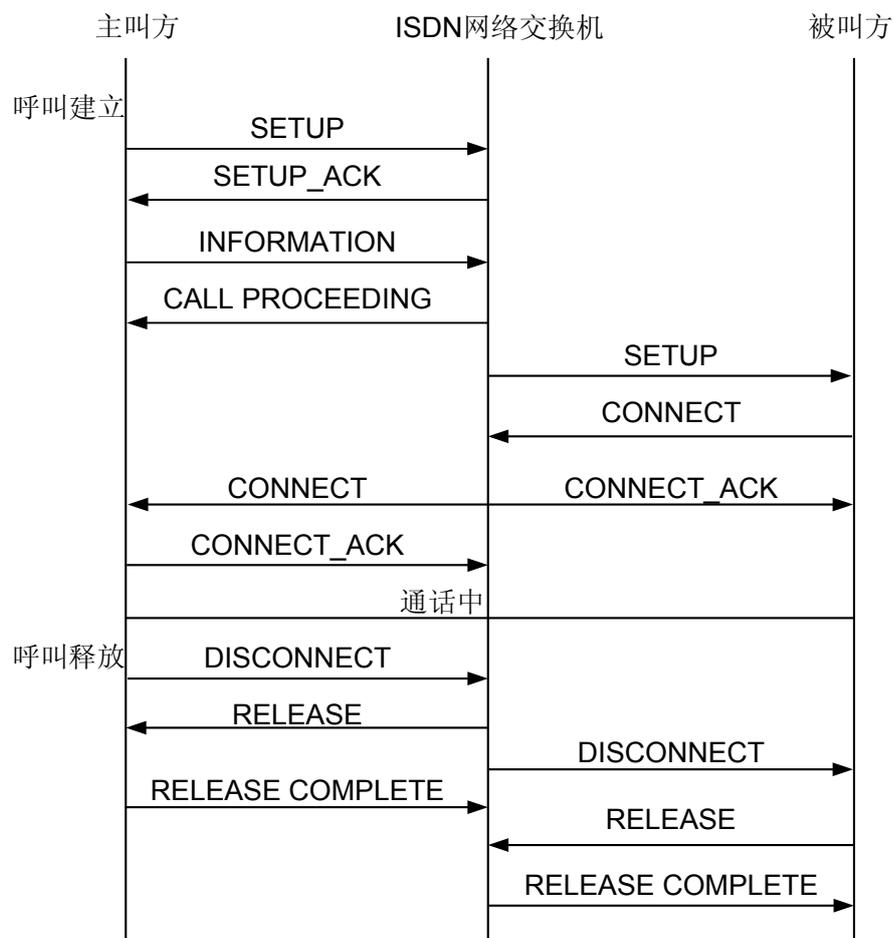
5.4.3 ISDN 三层协议

ISDN 三层协议遵循 Q.931 标准, 目前 AR2200-S 支持的 ISDN 三层协议为 DSS1。Q.931 标准提供在通信应用实体间 (用户侧设备和网络侧 ISDN 交换机) 建立、保持和终结网络连接 (数据呼叫、语音呼叫) 的方法。

ISDN 使用 Q.931 协议原语进行呼叫控制。AR2200-S 设备与 ISDN 网络交换机之间建立遵守 Q.921 协议的二层链路来承载 Q.931 消息。

在数据通信网中, ISDN 呼叫的控制流程如图 5-4 所示, 图中的 ISDN 网络交换机代表 ISDN 网络中的多台交换机, AR2200-S 设备的 ISDN 消息在 ISDN 网络中透传。

图 5-4 ISDN 呼叫控制流程



呼叫流程包括呼叫建立和呼叫释放两个阶段。

● 呼叫建立流程

- 主叫方发送 SETUP 消息来初始化呼叫建立过程。当被叫号码使用整体发送方式时，SETUP 消息应包含网络处理该呼叫所需的全部信息；当被叫号码使用重叠发送方式时，SETUP 消息中不包含被叫信息或被叫信息不完整。
- 在重叠发送方式下，ISDN 网络交换机回应 SETUP_ACK，同时请求剩余的被叫信息。
- 在重叠发送方式下，主叫方发送 INFORMATION 消息携带剩余号码和附加消息到 ISDN 网络交换机。这个阶段的 INFORMATION 消息可以是多个。
- 被叫信息收全后，ISDN 网络交换机回应 CALL PROCEEDING，表示正在建立呼叫。同时，向被叫方发送 SETUP 请求建立呼叫。
- 被叫方根据 SETUP 消息中携带的信息判断是否可以接收呼叫，如果可以，则发送 CONNECT 消息，CONNECT 也会到达主叫，告之呼叫已经接通。
- 主叫发送响应消息 CONNECT_ACK。
- 呼叫建立完成，主、被叫之间开始传送信息。

● 呼叫释放流程

- 主叫方断开连接，发送断开连接 DISCONNECT 消息。

- ISDN 网络交换机向被叫方发送断开连接 DISCONNECT，并向主叫方发送释放呼叫 RELEASE。
- 主叫方释放呼叫完成，发送 RELEASE_COMPLETE 给 ISDN 网络交换机。
- 被叫方收到断开连接，发送释放呼叫 RELEASE 到 ISDN 网络交换机。
- ISDN 网络交换机向被叫方发送 RELEASE_COMPLETE。
- 释放呼叫完成。

📖 说明

图 5-4 中给出的呼叫释放流程是主叫方先断开连接的情况，被叫方先断开连接的流程类似，不再赘述。

5.5 应用

5.5.1 ISDN 拨号接入

ISDN 的典型应用是企业网用户需要与本部或其它分部进行通信时，发送数据流到 AR2200-S 设备，由 AR2200-S 中的 DCC（Dial Control Center）模块触发 ISDN 模块与 ISDN 网络交换机之间建立呼叫，再由 ISDN 网络负责连接到企业网对端网络设备，从而在企业网用户的分支间传送数据、语音信息。

ISDN 拨号接入的典型组网如图 5-5 和图 5-6 所示。

图 5-5 ISDN 典型组网示意图-PRI 接口

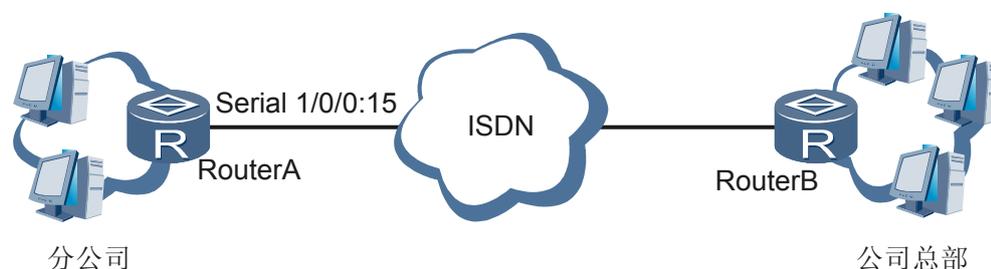
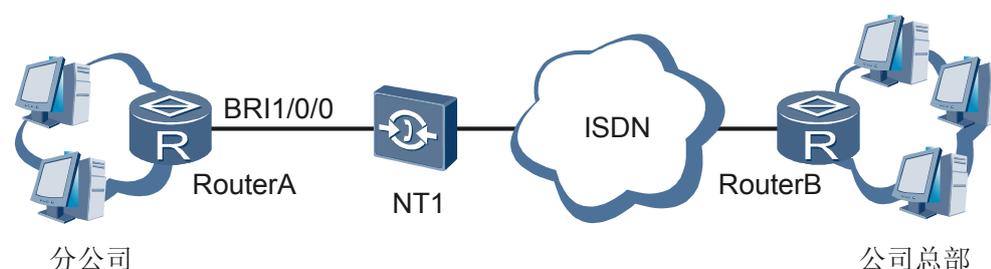


图 5-6 ISDN 典型组网示意图-BRI 接口



 说明

当 AR2200-S 接入 ISDN 网络的物理接口不同，组网略有不同。当使用 BRI 接口接入时，AR2200-S 需要先连到 NT1（Network Termination 1）设备，再由 NT1 设备接入 ISDN 网络。NT1 主要实现了物理层的功能，包含用户线传输功能、环路测试和 D 信道竞争功能。根据 NT1 设备的不同，最多可以同时有 8 个 AR2200-S 设备同时通过 NT1 接入 ISDN 网络。

5.5.2 ISDN 专线

当企业网用户需要与本部或其它分部持续进行数据信息传送时，可以通过建立 ISDN 专线的方式，因为专线方式无需经过拨号过程，能保证数据及时、可靠的传送到对端用户。ISDN 专线应用要求 ISDN 网络交换机上配有专线并连接对端设备。组网同 ISDN 拨号接入的情况。

BRI 接口支持 64Kbps、128Kbps 专线，PRI 接口支持 64Kbps 专线。

5.6 术语与缩略语

缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
BRI	Basic Rate Interface	基本速率接口
DCC	Dial Control Center	拨号控制中心
DSS1	Digital Subscriber Signaling System No.1	1 号数字用户信令
FCS	Frame Check Sequence	帧校验序列
IDN	Integrated Digital Network	综合数字网
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
LAPD	Link Access Protocol for D-Channel	D 信道链路接入协议
OSI	Open Systems Interconnection	开放系统互联
PRI	Primary Rate Interface	主速率接口
SAPI	Service Access Point Identifier	业务接入点标识符
TEI	Terminal Endpoint Identifier	终端设备标识符

6 HDLC

关于本章

本节介绍高级数据链路控制规程 HDLC（High-level Data Link Control）的基本知识。

[6.1 介绍](#)

[6.2 参考标准和协议](#)

[6.3 可获得性](#)

[6.4 原理描述](#)

[6.5 应用](#)

[6.6 术语与缩略语](#)

6.1 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。

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。

6.2 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	-

6.3 可获得性

涉及网元

需要对接设备支持 HDLC 功能。

License 支持

本特性不需要 License 支持。

版本支持

表 6-1 HDLC 特性的版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

硬件要求

AR2200-S 设备上插有 1SA、2SA、1E1T1-M、2E1T1-M、1E1T1-F 或 2E1T1-F 接口卡。

6.4 原理描述

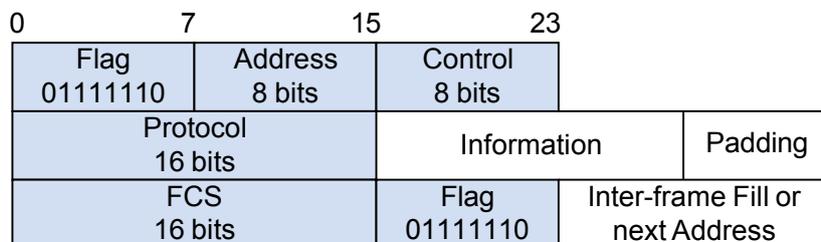
6.4.1 HDLC

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、协议字段、信息字段、帧校验序列字段等组成。HDLC 完整帧格式如 [图 6-1](#) 所示。

图 6-1 HDLC 帧格式



HDLC 的帧类型

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 6-2 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。

 说明

AR2200-S 支持的 HDLC 帧格式为信息帧。

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。

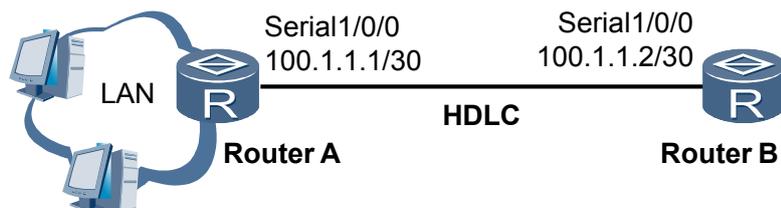
控制字段中的 N (S) 用于存放发送帧序列，以便发送方不必等待确认而连续发送多帧。N (R) 用于存放接收方下一个预期要接收的帧的序号。N (S) 与 N (R) 均为 3 位二进制编码，可取值 0 ~ 7。

6.5 应用

6.5.1 HDLC

如图 6-3 所示，两台路由器通过 Serial 接口相连，接口上运行 HDLC 协议，承载 IP、IPX 等报文。

图 6-3 配置 HDLC 典型组网图



6.6 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
FCS	Frame Check Sequence	帧校验序列

7 DCC

关于本章

- 7.1 介绍
- 7.2 参考标准和协议
- 7.3 可获得性
- 7.4 原理描述
- 7.5 应用
- 7.6 术语与缩略语

7.1 介绍

定义

拨号控制中心 DCC (Dial Control Center) 是指路由器之间通过 ISDN 网络、3G 网络等进行互联时或者路由器作为 PPPoE/PPPoEoA/PPPoA Client 与 PPPoE/PPPoEoA/PPPoA Server 之间互联时所采用的技术, DCC 主要提供按需拨号服务。

所谓按需拨号是指跨 ISDN 网络、3G 网络等相连的路由器之间或者路由器作为 PPPoE/PPPoEoA/PPPoA Client 与 PPPoE/PPPoEoA/PPPoA Server 之间不预先建立连接, 当它们之间有数据需要传送时才启动 DCC 拨号流程以拨号的方式建立连接并传送信息, 当链路再次空闲时, DCC 会自动断开连接。

目的

由于某些场合下, 路由器之间仅在有需要数据传送时才建立连接并通信, 传送的信息具有时间不相关性、突发性、总体数据量小等特点, DCC 为此种应用提供了灵活、经济、高效的解决方案。

实际应用中, DCC 主要应用于以下两种场景:

- 以备份形式为干线通讯提供保障, 在干线因为线路或其它原因出现故障而不能正常通信时, 提供替代的辅助通路, 确保业务正常进行。
- 当路由器作为 PPPoE/PPPoEoA/PPPoA Client 时, DCC 通过按需拨号的功能, 为用户节省费用。

受益

DCC 特性给企业用户带来了如下的受益。

- 费用的节省: 路由器之间不预先建立连接, 当它们之间有数据需要传送时才以拨号的方式建立连接, 当连接再次空闲, DCC 会切断当前的连接, 以节省用户的费用。
- 通讯保障: DCC 作为干线备份为用户提供了通讯保障, 在干线因为线路或其它原因出现故障而不能正常通信时, 提供替代的辅助通路, 确保业务正常进行运转。
- 灵活的部属: 共享 DCC 可以使物理接口根据连接选择不同的工作参数, 从而实现一口多用。

7.2 参考标准和协议

无

7.3 可获得性

License 支持

无需获得 License 许可, 均可获得该特性的服务。

版本支持

产品	最低支持版本
AR2200-S	V200R001C01

特性依赖

DCC 特性的实现依赖如下特性。

- 拨号方式：DCC 借助于各种拨号方式建立链路，这些拨号方式包括：ISDN、3G、xDSL（PPPoE、PPPoA）
- 链路协议：DCC 建立数据链路后，需要在相应的链路上运行相应的链路协议，这些链路协议包括 PPP、FR。

硬件要求

无

7.4 原理描述

AR 支持两种 DCC：轮询 DCC（Circular DCC，C-DCC）和共享 DCC（Resource-Shared DCC，RS-DCC）。两种方式具有各自不同的特点，适用于不同的应用需求，在应用时呼叫双方可以根据需要灵活选用配置方法，例如一端采用轮询 DCC，另一端采用共享 DCC。

在介绍 DCC 的原理之前先介绍几个 DCC 配置术语，以方便用户理解 DCC。

- 物理接口
实际存在的物理接口，如 ISDN BRI、ISDN PRI、Cellular 等接口。
- Dialer 接口
为了配置 DCC 参数而设置的逻辑接口。物理接口可以通过绑定到 Dialer 接口而继承配置信息。
- 拨号接口
是对拨号连接接口的泛称。可以是 Dialer 接口，也可以是捆绑到 Dialer 接口的物理接口，或者是直接配置 DCC 参数的物理接口。

7.4.1 轮询 DCC

轮询 DCC 中同一个物理接口只能属于一个拨号接口，所以轮询 DCC 适用于物理链路较多，连接情况复杂的大中型站点。

轮询 DCC 具有功能强大、应用广泛的优势，但是相对缺乏伸缩性、扩展性。具体来说轮询 DCC 有以下特点：

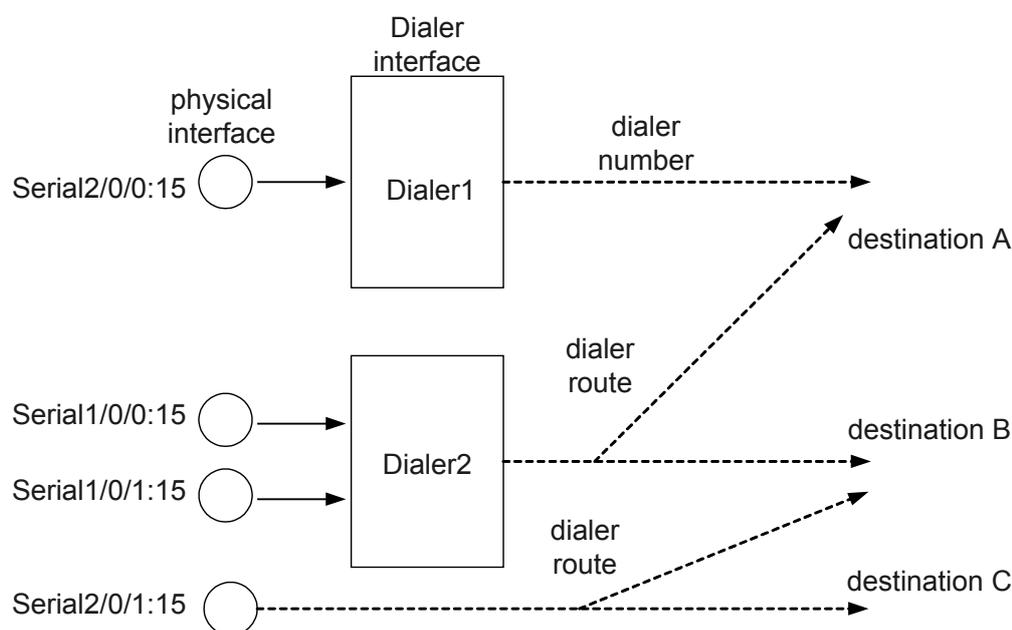
- 一个 Dialer 接口可以有多个物理接口为它服务，而任意一个物理接口只能属于一个 Dialer 接口，即一个物理接口只能服务于一种拨号服务。
- 物理接口既可以借助拨号循环组（Dialer Circular Group）绑定到 Dialer 接口来继承 DCC 参数，又可以直接配置 DCC 参数。

- 服务于同一个 Dialer Circular Group 的所有物理接口都继承同一个 Dialer 接口的属性。
- 一个 Dialer 接口可以通过配置多个 **dialer route** 命令对应多个呼叫目的地址，也可以配置 **dialer number** 命令对应单个呼叫目的地址。

此外，由于 ISDN BRI 接口中所有 B 通道都会继承该物理接口的相同配置信息，并且 **dialer route** 会随着网络规模的增大和支持协议的增多而逐渐复杂化，因此轮询 DCC 应用就受限于目的站呼叫设置与物理接口配置之间的静态绑定。

轮询 DCC 的物理接口和 Dialer 接口对应关系如图 7-1 所示。

图 7-1 轮询 DCC 的物理接口和 Dialer 接口对应关系



从上图可以看出，如果使用 Dialer 接口，同一物理接口仅能属于一个 Dialer 接口，每个 Dialer 接口可以对应多个目的地址；每个 Dialer 接口可以包含多个物理接口。另外，物理接口也可以不属于任何 Dialer 接口，而直接映射到一个或多个目的地址。

7.4.2 共享 DCC

共享 DCC 中不同的拨号接口可以共享同一个物理链路，在不同的拨号中，同一个物理链路可以使用不同的工作参数。物理链路工作参数的切换自动根据连接来决定，不需要管理员的干预。因此共享 DCC 适用于可用物理链路较少，但连接需求较多的中小型站点。

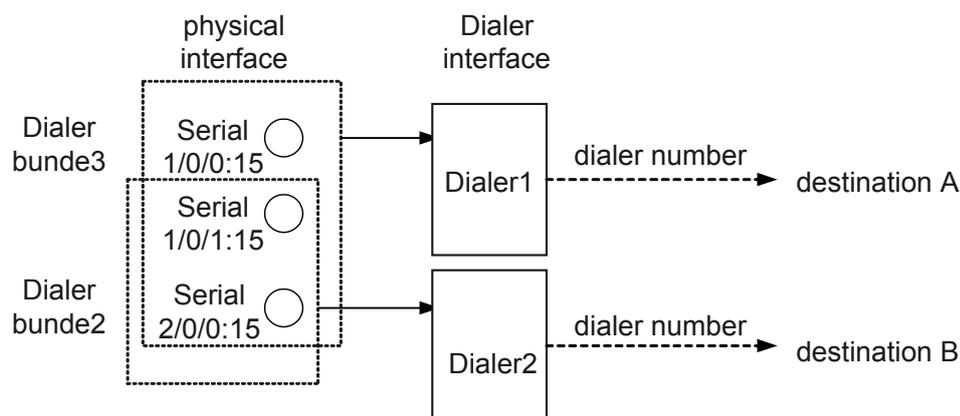
由于实现了逻辑配置和物理配置的相互分离，共享 DCC 比轮询 DCC 简单，并具有良好的灵活性。具体来说共享 DCC 有以下特点：

- 将物理接口的配置与呼叫的逻辑配置分开进行，再将两者动态的捆绑起来，从而实现相同物理接口为多种不同拨号应用服务。
- 一个 Dialer 接口只对应一个呼叫目的地址。

- 每个 Dialer 接口可以有多个物理接口为它提供服务，同时任意一个物理接口也可服务于多个 Dialer 接口。
- 共享 DCC 使用共享属性集（RS-DCC set）来描述拨号属性，去往同一个目的网络的所有呼叫使用同一个共享属性集（包括 Dialer 接口、Dialer bundle 和物理接口等参数）。
- 在物理接口上不能直接配置共享 DCC 参数，物理接口必须通过绑定到 Dialer 接口才能实现共享 DCC 拨号功能。

共享 DCC 的物理接口、Dialer bundle 和 Dialer 接口对应关系如图 7-2 所示。

图 7-2 共享 DCC 的物理接口、Dialer bundle 和 Dialer 接口对应关系



从上图可以看出，在共享 DCC 方式，同一物理接口可以属于多个 Dialer bundle，并进而服务于多个 Dialer 接口。每个 Dialer 接口只能使用一个 Dialer bundle，同时也只能设置一个目的地址。

同一个 Dialer bundle 中的物理接口可以有不同的优先级，Dialer bundle 对应的 Dialer 接口可以根据优先级选择呼叫时使用的物理接口。比如，Dialer2 使用 Dialer bundle2，物理接口 Serial2/0/0:15、Serial1/0/1:15 属于 Dialer bundle2，每个物理接口具有不同的优先级。假设在 Dialer bundle2 中 Serial2/0/0:15 的优先级是 100，Serial1/0/1:15 的优先级是 50，由于 Serial2/0/0:15 的优先级高于 Serial1/0/1:15 的优先级，当 Dialer2 从 Dialer bundle2 中选择一个物理接口时，会优先使用 Serial2/0/0:15 接口。

相同的物理接口在不同的 Dialer bundle 中可以有不同的优先级。

7.4.3 动态路由备份

特点

动态路由备份作为一种新的备份方式，主要使用 DCC 功能动态维护拨号链路，即基于路由进行的拨号备份。

动态路由备份很好地集成了备份和路由功能，提供了可靠的连接和规范的按需拨号服务。

动态路由备份的特点：

- 动态路由备份主要是针对动态路由协议产生的路由进行备份，也可以对静态路由和直连路由进行备份。
- 动态路由备份不对特定接口或特定链路进行备份，适用于多接口和多路由器的情况。
- 动态路由备份的主链路断开时备份链路将自动启动，不会导致拨号延迟（该延迟未包括路由收敛时间）。
- 动态路由备份不依赖于具体的路由协议，可以和 RIP-1、RIP-2、OSPF、IS-IS、BGP 等路由协议配合工作。但有些路由协议（如 BGP）默认使用优选路由，当到达被监控网段的主链路故障中断，启用备份链路之后，备份链路通过 BGP 协议学习到到达被监控网段的路由；当主链路再次启用后，主链路通过 BGP 协议学到的路由和备份链路学到的路由相比可能不是最优路由，因此继续使用从备份链路学到的路由，导致动态路由监控失败，备份链路在主链路恢复时无法挂断。

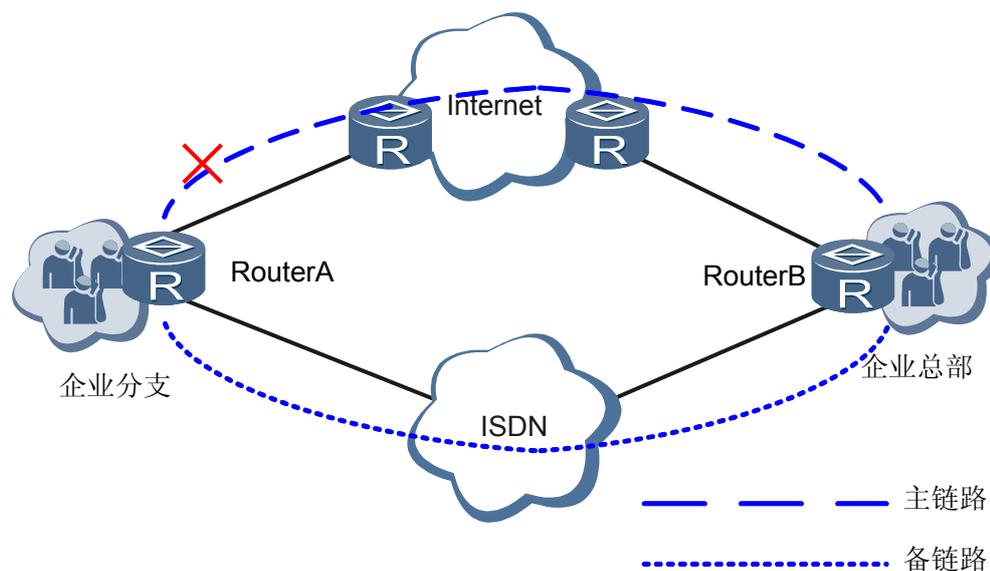
对于 BGP 协议，需要使用下面的方法来解决这种问题：

- 备份链路的 IP 地址要大于主链路的 IP 地址；
- 配置负载分担，即让同一路由可以通过多条链路学到。

动态路由备份的实现步骤

通过配置要监控的网段，可以实现在主链路故障时启动备份链路。

图 7-3 动态路由备份



图中，RouterA 和 RouterB 是 AR2200-S。动态路由备份监控路由、启动备份链路的顺序如下：

1. 系统监控到达需监控网段（企业总部所在网段）是否存在路由更新，并检查到达需监控网段是否存在至少一条有效路由；
2. 如果存在至少一条到达需监控网段的路由，并且这条路由从其他接口（未启动动态路由备份功能的接口）出发，则认为主链路接通；
3. 如果不存在有效路由，则认为主链路关闭并且不可用，拨号启动备份链路；

4. 备份链路启动后，由备份链路承载通信数据。当主链路恢复后，根据用户的配置可以选择直接挂断备份链路，也可以等待定时器超时而再挂断备份链路。

7.5 应用

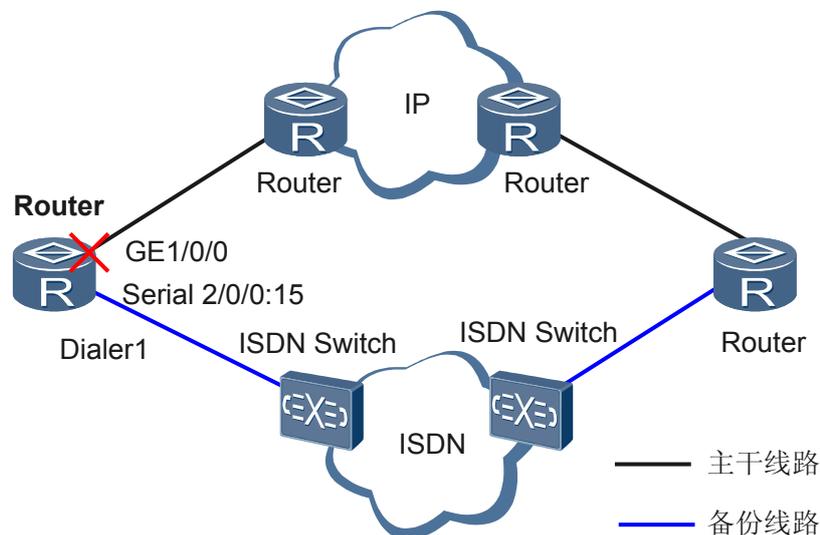
实际应用中，通过对 DCC 提供的按需拨号的扩展应用，DCC 有了更广的应用范围。DCC 主要应用于以下两种场景：

- 以备份形式为干线通讯提供保障，在干线因为线路或其它原因出现故障而不能正常通信时，提供替代的辅助通路，确保业务正常进行。
一般来讲是通过与现有网络不同的网络进行备份，比如通过 ISDN 网络或者 3G 网络备份 IP 网络中的干线链路。AR2200-S 提供备份功能时，支持两种备份方式：
 - 通过接口备份实现
 - 通过动态路由备份实现
- 当路由器作为 PPPoE/PPPoEoA/PPPoA Client 时，DCC 通过按需拨号的功能，为用户节省费用。

通过接口备份实现干线通信备份

通过接口备份实现干线通信备份组网图如图 7-4 所示。Serial2/0/0:15 接口是拨号接口，用来备份 GigabitEthernet1/0/0。当接口 GigabitEthernet1/0/0 因故障不能传输数据时，接口上的所有流量会切换到 Serial2/0/0:15 上。流量会触发 DCC 拨号，从而实现使用 ISDN 网络备份干线通信。

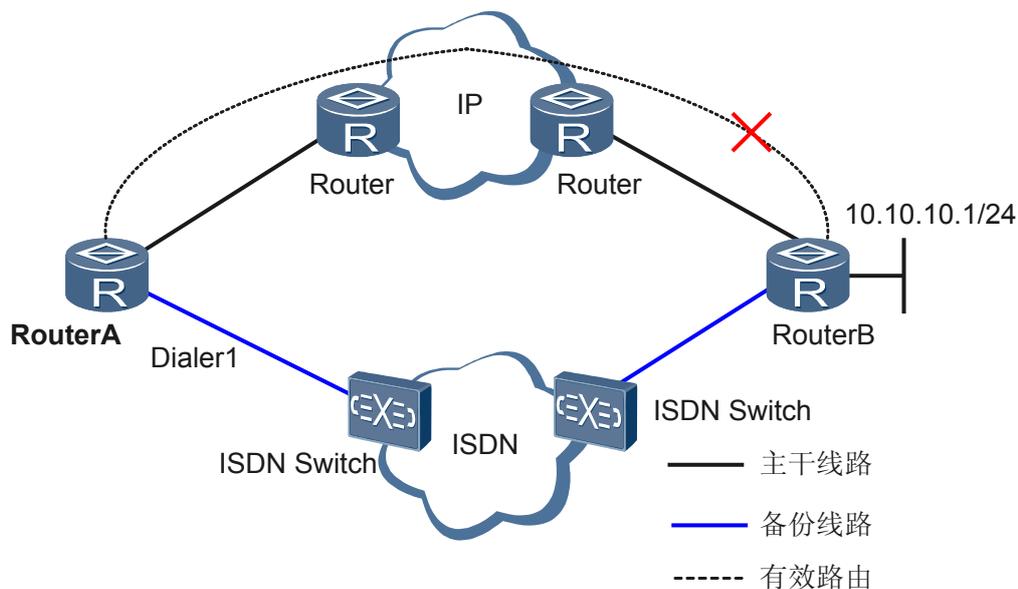
图 7-4 通过接口备份实现干线通信备份组网图



通过动态路由备份实现干线通信备份

通过动态路由备份实现干线通信备份组网图如图 7-5 所示。当 RouterA 到 RouterB 的 10.10.10.1/24 网段没有有效路由时，RouterA 的拨号接口会启动 DCC 拨号，从而实现使用 ISDN 网络备份干线通信。

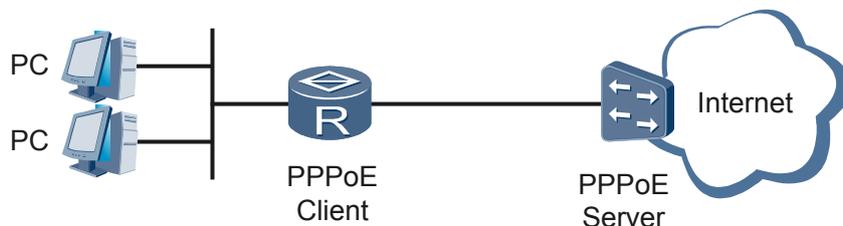
图 7-5 通过动态路由备份实现干线通信备份组网图



路由器作为 PPPoE Client 时的按需拨号

路由器作为 PPPoE Client 时的按需拨号组网图如图 7-6 所示。在拨号连接已经建立的情况下，当 PPPoE Client 到 PPPoE Server 之间没有流量时，PPPoE Client 启用闲时断开功能将 PPPoE 连接断开。一旦 PPPoE Client 到 PPPoE Server 再有流量，会触发 DCC 拨号并建立 PPPoE 连接。

图 7-6 路由器作为 PPPoE Client 时的按需拨号组网图



说明

如果路由器作为 PPPoEoA/PPPoA Client，组网时还需要通过 DSLAM 设备接入 PPPoEoA/PPPoA Server。

用于该场景的 DCC 必须是共享 DCC。

7.6 术语与缩略语

术语

术语	解释
拨号控制中心	拨号控制中心是指路由器之间通过 ISDN 网络、3G 网络等进行互联时或者路由器作为 PPPoE/PPPoEoA Client 与 PPPoE Server 之间互联时所采用的技术，DCC 主要提供按需拨号服务。
按需拨号	按需拨号是指跨 ISDN 网络、3G 网络等相连的路由器之间或者路由器作为 PPPoE/PPPoEoA Client 与 PPPoE Server 之间不预先建立连接，当它们之间有数据需要传送时才以拨号的方式建立连接，即启动 DCC 拨号流程建立连接并传送信息，当链路再次空闲时，DCC 会自动断开连接。
物理接口	实际存在的接口，如 ISDN BRI、ISDN PRI、Cellular 等接口。
Dialer 接口	为了配置 DCC 参数而设置的逻辑接口。物理接口可以通过绑定到 Dialer 接口而继承配置信息。
拨号接口	是对拨号连接接口的泛称。可以是 Dialer 接口，也可以是捆绑到 Dialer 接口的物理接口，或者是直接配置 DCC 参数的物理接口。

缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
3G	3rd Generation	第三代技术
DCC	Dial Control Center	拨号控制中心
ISDN	Integrated Services Digital Network	综合业务数字网
PPPoE	Point-to-Point Protocol over Ethernet	以太网承载 PPP 协议