

SR6600 产品 ATM 技术白皮书

关键词：ATM、PVC、AAL

摘要：本文描述了 ATM 协议各层次的基本原理，以及实际应用的情况。并且描述了 H3C SR6600 产品对于 ATM 特性的具体实现以及典型组网应用。

缩略语：

| 缩略语 | 英文全名 | 中文解释 |
|-----|------------------------------------|---------|
| ATM | Asynchronous Transfer Mode | 异步传输模式 |
| PVC | Permanent Virtual Circuit | 永久虚电路 |
| AAL | ATM Adaptation Layer | ATM 适配层 |
| PMD | Physical Media Dependent sub-layer | 物理媒介子层 |
| TC | Transmission Convergence | 传输汇聚子层 |
| VCC | Virtual Channel connection | 虚通道连接 |
| VPC | Virtual Path Connection | 虚通路连接 |
| SAR | Segmentation And Reassembly | 切片与重组 |

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 1 概述 | 3 |
| 2 技术应用背景 | 3 |
| 2.1 技术优点 | 3 |
| 2.2 应用场合 | 3 |
| 2.2.1 2G/3G通信内部传输网 | 3 |
| 2.2.2 数据传输骨干网 | 3 |
| 2.2.3 用户接入 | 3 |
| 3 特性介绍 | 4 |
| 3.1 ATM的协议分层 | 4 |
| 3.1.1 ATM物理层 | 4 |
| 3.1.2 ATM层 | 5 |
| 3.1.3 ATM适配层 | 7 |
| 3.2 ATM的流量管理 | 13 |
| 3.2.1 拥塞控制 | 13 |
| 3.2.2 服务类型 | 14 |
| 3.3 ATM的多协议封装 | 14 |
| 4 H3C SR6600 产品实现的ATM特性 | 15 |
| 4.1 H3C Comware V5 实现的ATM特性 | 15 |
| 4.2 H3C SR6600 产品实现的ATM特性 | 15 |
| 5 H3C SR6600 ATM典型组网案例 | 16 |
| 5.1 典型组网案例 | 16 |

1 概述

ATM 是一种信元中继技术，它把需要传送的信息切分成许多固定字节大小的信元进行传送。ATM 之所以叫做异步传输，是因为信元之间的传送间隔不是周期性的。ATM 可以传送的数据包括语音、视频以及一般的数据。ATM 技术相关的标准化组织有 ITU-T、IETF、ANSI、ATM 论坛，其中，ATM 具体的标准制定由 ATM 论坛来完成。

2 技术应用背景

2.1 技术优点

ATM 区别于其他链路层协议的地方在于其使用固定 53 字节长度的信元来传送信息。使用固定 53 字节的长度的好处在于便于信元之间的复用；长度小的信元传送时延小，固定字节长度便于使用硬件芯片来完成 ATM 的相关功能。

ATM 相比 PPP、FR 等其他协议结构上更为复杂，针对不同的上层业务进行适配、被多种物理介质承载，并拥有独有的 QoS 等。ATM 固定长度的信元便于一个接口进行高速、高效率的复用不同 PVC 的报文。所以，ATM 技术的优势还是比较明显的，但是 ATM 为了实现这些功能，代价就是协议上会更加复杂，实现的成本较高。

2.2 应用场合

ATM 起初在骨干传输网中应用比较广泛，但是由于随着 IP 技术的发展，ATM 作为 IP 的承载网，在宽带接入中也得到了广泛应用。下面列举几个比较典型应用：

2.2.1 2G/3G 通信内部传输网

2G/3G 通信网络中，基站与基站控制器之间通常是 ATM IMA 链路连接的，用户的语音数据以 AAL2 方式进行适配。基站控制器上面通常都有 ATM 交换机框。使用 ATM IMA 的原因是多链路传输可靠性高，ATM 独有的 AAL2 适配方式让语音数据能够保证实时的传输。

2.2.2 数据传输骨干网

由于 ATM 传输的速率高，城市之间的骨干连接可以采用这种高速的 ATM 作为信息传输方式。高速的 155Mb/s OC-3、622Mb/s OC-12 能够满足这种连接的带宽要求。

2.2.3 用户接入

现在家庭用户的终端接入方式越来越多的使用了 ADSL 技术。这种技术的物理承载方式是 ATM，让 ATM 能在低速率应用上越来越广泛。

3 特性介绍

本文前面已经提到了 ATM 协议相对链路层协议来说要复杂一些，下面分成 3 个方面分别对 ATM 进行具体描述。

3.1 ATM 的协议分层

3.1.1 ATM 物理层

ATM 物理层的功能是在具体的物理介质上传送 ATM 信元。其中，物理层又可以细分成 PMD（Physical Media Dependent sub-layer，物理媒介）、TC（Transmission Convergence，传输汇集）两个子层。PMD 完成传送比特流，并且指定物理介质的特性。H3C ComwareV5 软件平台支持的 ATM 物理媒介有 SONET/SDH（OC-3）、E1/T1、E3/T3、25M STP、ADSL、IMA。TC 完成信元定界（cell delineation）、传输帧适配（transmission frame adaptation）、信元速率解耦（cell rate decoupling）功能。

下面以 OC-3 为例子，描述物理层的各个功能，物理层的细分功能如图 1 所示：

图1 物理层细分功能

| | |
|--|--|
| Transmission Convergence Sublayer | HEC Generation/Verification |
| | Cell scrambling/descrambling |
| | Cell delineation(HEC) |
| | Path signal justification(C2) |
| Physical Media Dependent Sublayer | Frequency justification/Pointer processing |
| | Multiplexing |
| | Scrambling/descrambling |
| | Transmission frame generation/recovery |
| | Bit timing |
| Physical Media Dependent Sublayer | Line coding |
| | Physical medium |

可以看到，物理层功能分成 PMD 和 TC 两个子层。

物理层中，主要的一些功能下面介绍一下：

(1) HEC 的产生和校验

HEC 是信元头的最后一个字节，主要作用是保护信元头，防止信元头出现传输差错。利用 HEC，在接收端，可以进行单一比特的错误恢复，或者多比特错误的检测、错误报文丢弃的功能。

- 信元加扰、解扰

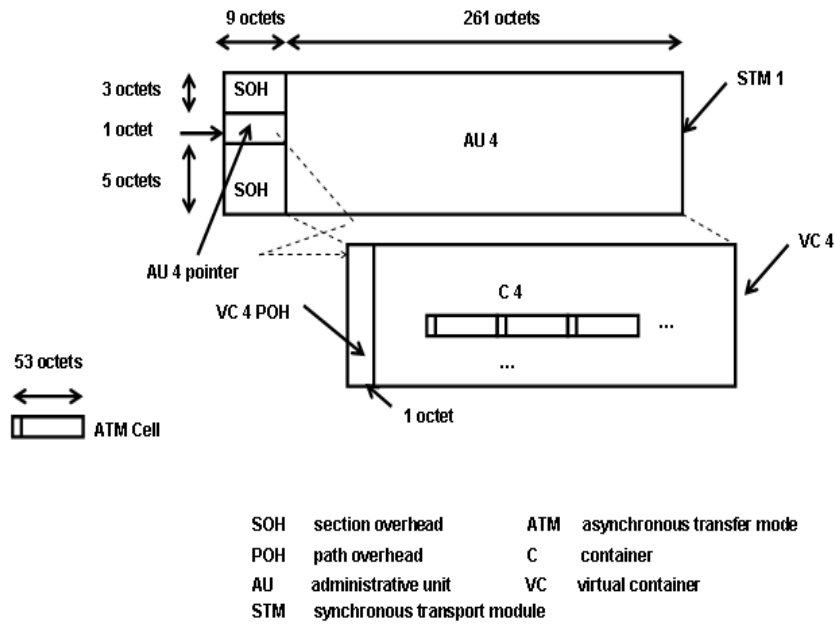
加扰、解扰操作针对的是信元的载荷。信元发送的时候对载荷进行加扰，接收的时候进行解扰。这个操作的目的是为了让载荷数据更加随机化，带来的好处是提高信元定界操作的效率。

- 信元映射

信元映射是把一个个的信元插入到一个 OC-3 帧当中。具体插入方法见下面图形所示：

图 2 显示的是一个 SDH 帧，它是一个 9 行、270 列的一个矩阵，其中 AU4 指针指向了 VC4 容器的位置，这个容器里面依次序放着一个一个的 ATM 信元。

图2 信元插入到 SDH 帧中的方法



- 信元定界

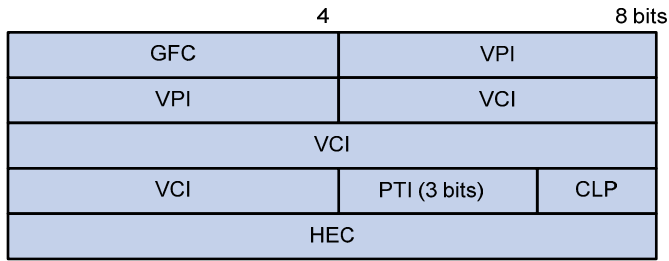
原始的比特流中，确定出信元的边界，从中识别出一个个的信元。信元定界使用前面提到的 HEC 来完成。

3.1.2 ATM 层

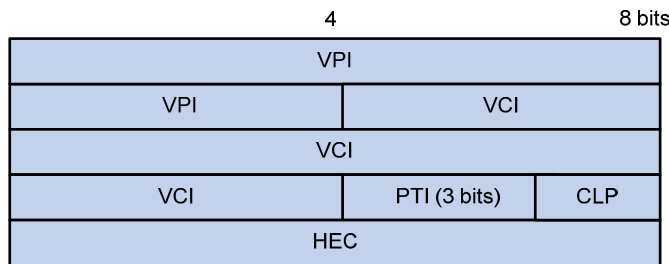
ATM 层完成给他的上层（AAL 层）提供传输固定长度的业务数据单元的功能。具体的功能包括：信元复用/解复用、信元头的产生与删除、信元的流量管理、信元速率适配。

1. ATM 信元格式

图3 ATM 信元头格式



UNI cell header



NNI cell header

2. 信元头中各个字段功能

- GFC: 一般流量控制, 目前未使用, 设置成 0000;
- VPI: 虚通路标示;
- VCI: 虚通道标示;
- PTI: 净荷类型, 3bit。

PTI 各种组合的含义如下表所示:

表1 信元头中的 PTI 含义

| | | | |
|-----|--|---------------|------------|
| 000 | User data cell | no congestion | SDU type 0 |
| 001 | User data cell | no congestion | SDU type 1 |
| 010 | User data cell | congestion | SDU type 0 |
| 011 | User data cell | congestion | SDU type 1 |
| 100 | VCC OAM F5 flow segment | | |
| 101 | VCC OAM F5 flow end-to-end | | |
| 110 | Reserved: future traffic control and resource management | | |
| 111 | Reserved: future functions | | |

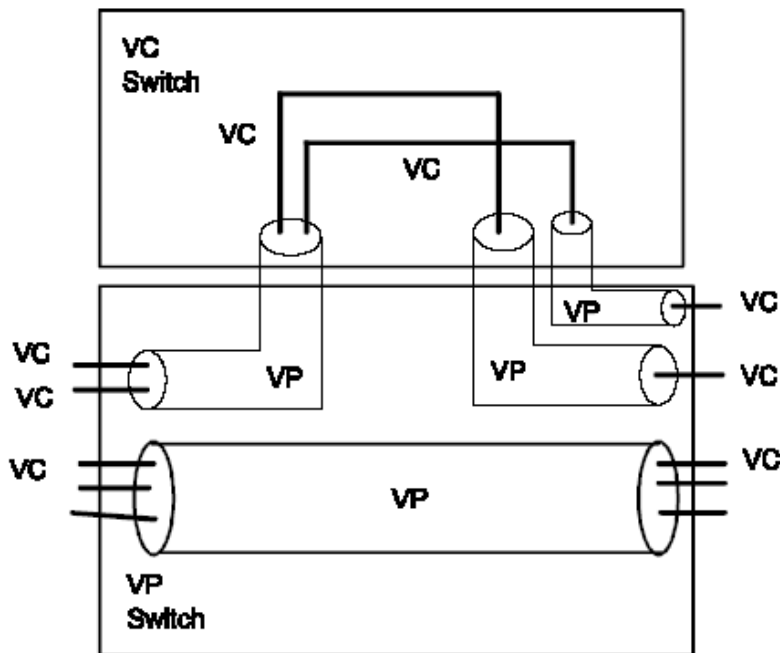
- CLP: 信元丢失优先级;
- HEC: 信头差错控制, 头部前 4 字节的校验和, 可以纠正 1 个 bit 的错误, 发生错误时可以保护信元, 而不是丢弃它, 同时也可以用于信元定界;

- ATM 信元类型：F4/F5 OAM 信元，VC/VP 资源管理信元。

3. 虚通道与虚通路（Virtual Channel & Virtual Path）

ATM 是基于连接的，对于 ATM 来说存在虚通道 VC 与虚通路 VP 两种不同层次的虚连接。VCC（Virtual Channel Connection）表示两个端点之间的一个连接，而 VPC（Virtual Path Connection）表示多个 VCC 捆绑到一起后形成一个虚通道。VPC 与 VCC 靠 VPI 和 VCI 来表示。比如 PVC 1/32 和 PVC 1/33，它们都属于一个 VP=1 的管道里面的两条 VC，而 PVC 1/32 和 PVC 2/32 分别是属于两个不同 VP 管道里面的两条 VC。上面提到的各个 VC 里面的信元其实都是在同一个物理接口下面进行传输的，靠 VPI/VCI 来区别它是属于哪个 VP 和 VC，所以通道是一个逻辑概念，实际物理是上不存在这样的通道的。

图4 虚通道与虚通路



4. ATM 层的管理功能

- ATM 信令管理
- 差错管理
- 性能管理
- 连接管理
- 资源管理

3.1.3 ATM 适配层

AAL 介于 ATM 层与上层应用之间，AAL 的上层包括很多种应用，比如：语音、视频、数据等，根据不用种类的应用需求，AAL 能够做到这些应用能很好的与 ATM 层进行适配，具体来说，根据不同的上层是什么应用，AAL 能够把上层的载荷转换成 ATM 信元，然后递交给 ATM 层进行处理。

AAL 的服务类型种类：Class A、Class B、Class C、Class D

Class A: 基于连接的，恒定比特率业务，例如：恒定比特率未压缩视频

Class B: 基于连接的，可变比特率业务，例如：压缩语音、视频

Class C: 基于连接的，数据业务，例如：建立连接的文件传输

Class D: 基于无连接的，数据业务，例如：电子邮件

1. AAL1

适合需要时钟同步需要的电路模拟业务，适用于 **Class A** 业务：**CBR** 业务，例如：64kbit/s 标准语音、未压缩视频。

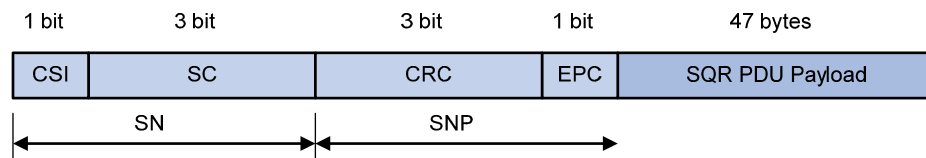
AAL1 给上层业务提供的服务：

- 以恒定的比特率转换上层的服务数据（SDU），并且以相同的速率传输；
- 在源/目的两端传输时间同步信息；
- 对于 AAL 不能恢复的错误，汇报给上层处理。

为了完成上面的功能，AAL1 需要完成的功能有：

- 分片与重组（SAR）；
- 处理不同信元之间的延迟；
- 处理丢失的信元；
- 接收端恢复源端的时钟信息；
- 对于可能出现的 AAL 本身使用的协议控制信息差错进行监控与差错处理。

图5 AAL1 格式



上图中各个字段含义如下：

- **CSI:**（Convergence Sublayer Identifier），用来传递定时信息和结构信息，这一位是由 CS 提供的，缺省值为 0。
- **SC:** SAR—PDU 的一个次序标号，其值为 0~7，发送方周期的取这 8 个值，接收方可以根据这个值来判断是否发生了信元丢失和误传，判断过程和相应措施在 CS 子层中实现。
- **CRC:** 保护前面 4 位的 CRC 位。
- **EPC:** 奇偶校验位。

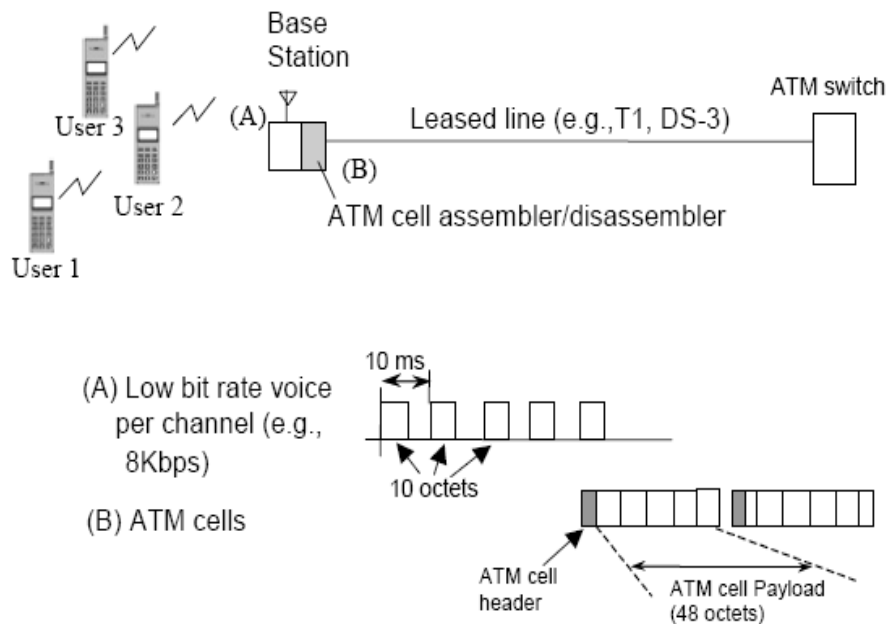
2. AAL2

主要用于传输低速、小字节、可变长度的对时延敏感的应用数据。比如：蜂窝电话、压缩语音、无线通信的数据。

AAL2 的目标是尽量缩短信元组装的时间，减小时延，并且提高网络带宽的使用效率。适合需要时钟同步的，具有突发数据流特征的业务，适用于 Class B 的 VBR 业务，例如：以压缩的、以数据包方式传送的语音、视频，例如：VoATM。

一路语音通话的编码速率是 8kb/s，那么一路语音通话装满一个 ATM 信元载荷需要 50ms，这个时间对于语音通话来说太长了。另一方面，如果基站不等装满一个信元就发送，那么 ATM 链路的带宽将被浪费。

图6 AAL2 在无线通信中的应用



通常情况下，会有多个用户同时在使用网络，一种节约带宽的办法是把多个用户的数据复用到同一个ATM信元里面。通过这种方式，我们不必等待单个用户的数据填满一个ATM信元，而是同时把多个用户的数据填满一个ATM信元，这样我们可以更加有效利用带宽。既然多个用户的数据被同时填在一个信元里面，为了区分出每个用户的数据，需要对每个用户的数据进行标识。AAL2 需要完成的功能就是对不同用户的数据进行标识，区分出不同用户数据的边界，并且把不同用户的数据复用到 48 字节的信元载荷里面去。图 8显示对于上面的语音数据，AAL2 是如何封装与复用的。

图7 不同用户的语音报文进行 AAL2 适配

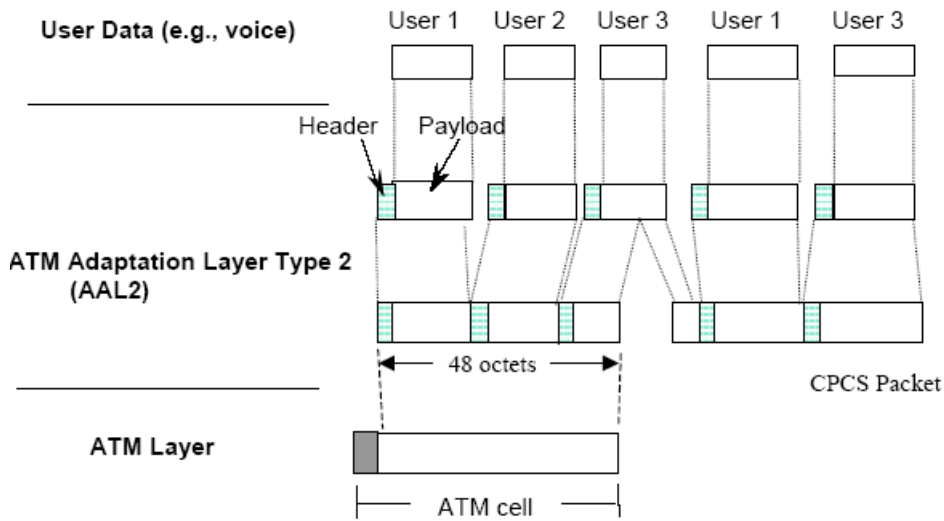
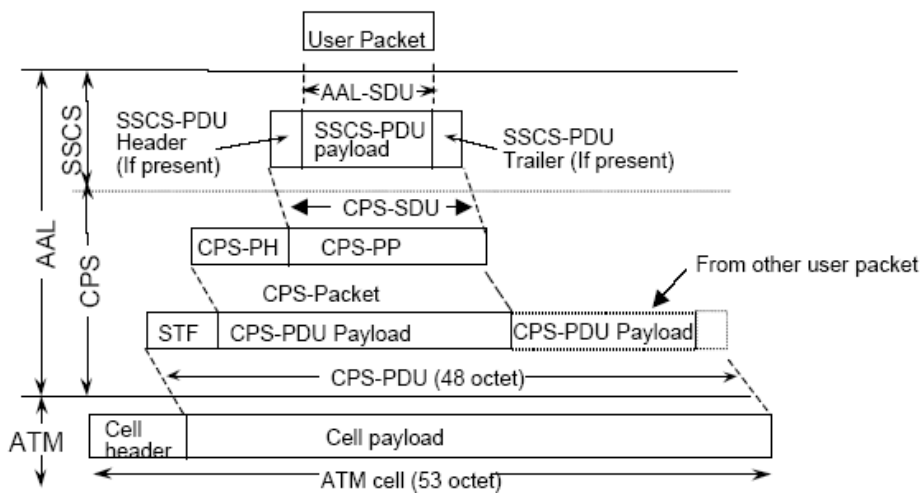
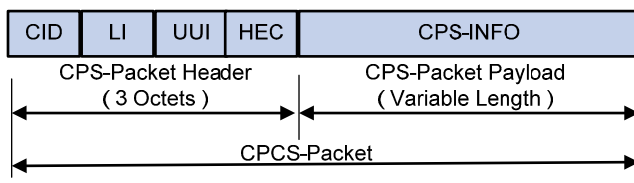


图8 AAL2 封装过程图



用户的数据增加一个 CPS-PH 头后形成一个 CPS-Packet，这个包的格式如下：

图9 CPS-Packet 包格式

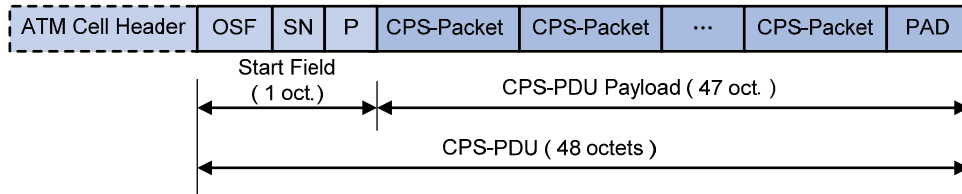


其中，CPS-Packet 头中各个比特含义如下：

- CID: 通道标识，8 位；
- LI: 长度标识，6 位；

- UUI: 端到端的用户标识, 5 位;
- HEC: 头差错校验, 5 位。

图10 CPS-PDU 包格式



CPS-PDU 包头的几位含义如下:

- OSF: 第 1 个 CPS-Packet 在本 CPS-PDU 中的位置, 6 位;
- SN: 序列号, 2 的整数次幂, 1 位;
- P: 基偶校验位, 1 位。

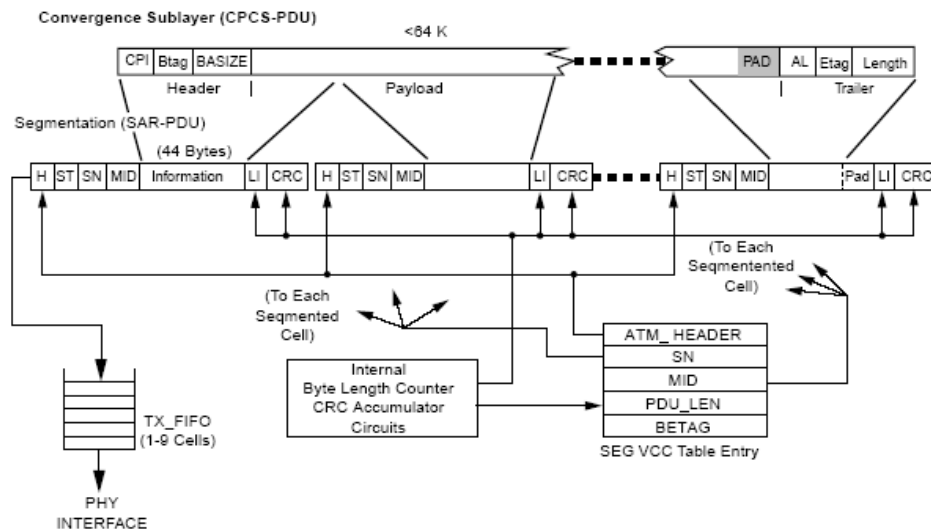
说明

CPS-Packet 可能被分割成 2 个部分, 在 2 个 CPS-PDU 中承载, 例如: 图 8 中的 User3 的报文。如果 CPS-Packet 不能够填满整个 48 字节的 ATM 信元载荷部分, 需要在后面填充 0 以达到 48 字节。

3. AAL3/4

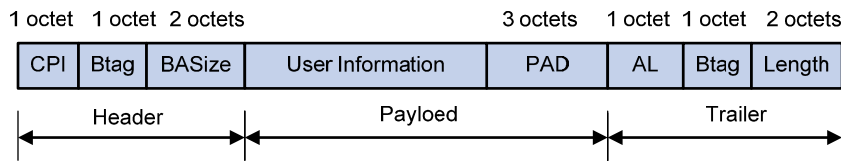
本适配方式适合基于连接(Class C)、无连接(Class D)的数据业务, 这种业务没有时钟要求, 报文是可变长度、可变比特率的。其中, AAL3 是基于连接的, AAL4 是基于无连接的, 后来, 随着协议标准的不断优化, 这两种适配模式基本处理流程基本上一样, 所以就融合成了 AAL3/4。目前 AAL3/4 主要用于在 ATM 网络上发送 SMDS 网络数据的。

图11 AAL3/4 数据生成过程图



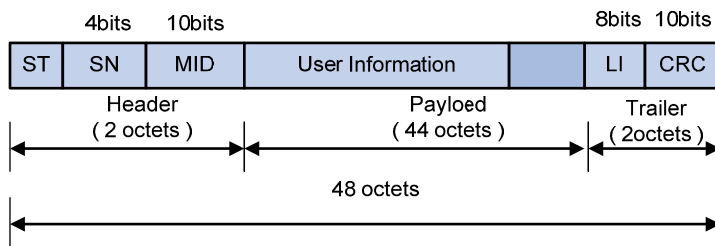
上层用户数据增加 4 字节头和 4 字节尾后形成 CPCS-PDU，然后被切割成许多 44 字节的单元，这些单元增加 2 字节头和 2 字节尾后形成 48 字节的 SAR-PDU，SAR-PDU 成为信元的载荷。

图12 CPCS-PDU 格式图



- CPI: 消息类型;
- Btag: 开始标签;
- BAsize: 缓冲区分配大小;
- AL: 全 0, 用于尾部的 32 字节对齐;
- Etag: 结束标签, 必须与 Btag 相等;
- Length: 必须与 BAsize 表示的大小相等。

图13 SAR-PDU 格式图



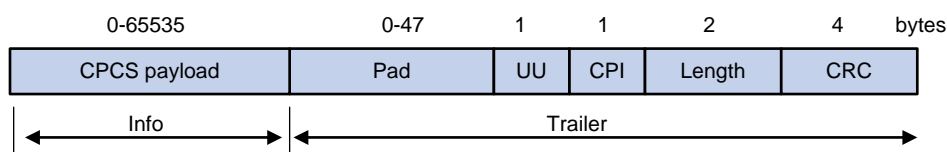
ST: 分片类型, 含义如下:

- 10: 开始片, 00: 中间片, 01: 结束片, 11: 一个完整分片;
- SN: 序列号, 必须是 16 的整数倍;
- MID: 消息标识;
- LI: 长度标识符。

4. AAL5

AAL5 适合基于连接的数据业务, 这种业务没有时钟要求, 报文是可变长度、可变比特率的, 在 ATM 网络上传送数据主要使用这种方式。

图14 AAL5 的 CS-PDU 格式



- Pad: 使 CS-PDU 为 48 字节对齐;
- UU: 用户层的信息;
- CPI: 公共部分标识, 预留给将来支持 AAL5 其他功能使用;
- Length: 表示 CS-PDU 中, 用户数据的长度, 也就是 CPCS payload 的长度。接收端使用这个字段来识别用户数据与 Pad 之间的边界;
- CRC: 对整个 CS-PDU 的校验。

3.2 ATM 的流量管理

ATM 的流量管理能力使得 ATM 区别于其他类型的通信技术。接入 ATM 网络中通信的设备都需要与网络服务提供者就提供的 QoS 服务能力达成一致的协议, 这个协议就是流量合同。通信的双方需要遵守这个合同, 否则将会导致网络拥塞。下面是一些服务质量参数:

表2 服务质量参数描述

| 参数 | 缩略词 | 说明 |
|-----------|-------|----------------------|
| 峰值信元速率 | PCR | 信元发送的最大速率 |
| 持续信元速率 | SCR | 平均信元传输速率 |
| 最小信元速率 | MCR | 最小的可接受的信元传输速率 |
| 信元延迟变化极值 | CDVT | 最大的可接受的信元抖动 |
| 信元丢失比率 | CLR | 信元丢失或提交得太迟的比例 |
| 信元传送延迟 | CTD | 信元提交时延迟的时间 (中间值和最大值) |
| 信元延迟变化 | CDV | 信元延迟时间的变化幅度 |
| 信元错误比率 | CER | 提交无错信元的比例 |
| 严重错误信元块比率 | SECBR | 出错信元的比例 |
| 信元错误目的地比率 | CMR | 信元提交至错误目的地的比例 |

3.2.1 拥塞控制

ATM 的拥塞控制是以预防为基本思想, 也就是引入预防措施来管理网络资源, 而不是在出现拥塞之后采取措施来消除拥塞。

一般的拥塞分成两个方面:

- 事前的拥塞避免，采取流量控制的一系列方法，包括网络资源管理，连接允许控制，使用参数控制等。
- 事后拥塞措施，采用拥塞控制方法来对拥塞的强度、范围、持续时间等进行降低。

3.2.2 服务类型

ATM 提供下面五种服务类型：CBR、rt-VBR、nrt-VBR、ABR、UBR。

- CBR

恒定比特率的业务，在通信过程中需要静态带宽的业务。网络对使用 CBR 业务的用户提供恒定的带宽保证，这部分带宽在任何时候都不能被其他业务、用户占用。CBR 业务一般用来支持对时延要求比较高的业务，例如点路模拟业务。

- rt-VBR

实时的可变比特率业务，这种业务对时延变化有严格的限制。rt-VBR 业务主要有语音、视频。源端的特征一般来说是具有突发性的。

- nrt-VBR

非实时可变比特率业务。这种业务对时延没有限制，但是对信元丢失比较敏感。

- ABR

可变比特率的业务。它的特点体现在网络发生拥塞的时候，能够和源端进行反馈。具体来说就是当网络中发生拥塞后，网络给源端发送 RM 信元来通知这一点，源端收到这一消息后控制自己的发送速率来降低拥塞。ABR 业务对信元的时延和时延变化没有限制，也就是说 ABR 不支持实时应用。所以，通过上面可以看出，配置 ABR 的一端按照设定的参数，向网络尽可能的发送报文占用带宽，直到达到设定的参数的上限或者直到网络通知自己网络已经拥塞了，才降低自己的发送速率。

- UBR

未定义比特率的业务。这种业务不对服务质量作任何的承诺，信元丢失率与信元时延没有任何保证，所以 UBR 很适合传输 IP 报文。传输过程中，UBR 业务只是“尽量”传输，如果发生拥塞，那么 UBR 业务的优先级最低，UBR 信元将首先被丢弃。UBR 在建立的时候不用分配带宽。

3.3 ATM 的多协议封装

ATM 多协议封装由 RFC 2684 来定义，指的是上层数据报文交给 ATM 的适配层发送之前，需要进行封装，目的是为了区分上层协议类型，对端收到报文后，可以根据封装判定是 IP 报文还是其他什么报文，便于上送上层不同的软件进行处理。

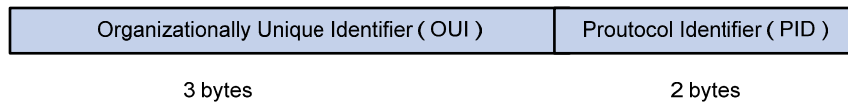
ATM 上面的多协议封装有下面两种方式：

- LLC 封装（LLC Encapsulation）

这种封装是在同一条 PVC 上面传送多种协议报文时采用的封装格式。其中，又分成“ISO NLPID 的 routed PDU”的封装方式，以及“非 ISO NLPID 的 routed PDU”封装方式。它们的区别在于前一种方式使用 NLPID 表示多协议，LLC 的头是 0xFE 0xFE 0x03，后面跟的是 NLPID 头；后一

种使用 SNAP 头来表示多协议，LLC 头是 0xAA 0xAA 0x03，后面跟的是 SNAP 头；SNAP 头的格式如下：

图15 SNAP 头格式



OUI 表示指定编号的组织，例如：

- OUI: 00 00 00 表示 PID 为 EtherType。
- OUT: 00 80 C2, 802.1 组织，表示 PID 为协议 ID。
- MUX 封装（VC Multiplexing）。

使用不同的 pvc 来承载不同协议的报文，每条 PVC 上面只能承载一种协议的报文。这种封装方式下，对于 routed PDU，报文前面什么都不用加，对于 bridged PDU，增加 PAD 字段，例如：对于 802.3，PAD 为 00 00。

4 H3C SR6600 产品实现的 ATM 特性

4.1 H3C Comware V5 实现的 ATM 特性

ATM 芯片实现了 AAL 层以下的功能，比如：SAR、信元发送等。而 H3C 公司的统一软件平台 ComwareV5 全面地实现了 ATM 多协议封装，在此基础上实现了丰富的应用，包括 PPPoA Client/Server、PPPoEoA Client/Server、IPoEoA、IPoA。

由于目前 ATM 的 PVC 应用较多，SVC 应用较少，H3C 的 ATM 特性暂不支持 ATM SVC、以及与 ATM SVC 有关的应用。

4.2 H3C SR6600 产品实现的 ATM 特性

SR6600 是 H3C 推出的高端业务汇聚路由器，SR6600 路由器采用业界领先的多核多线程处理器技术，并且在 SR6608 上实现了分布式架构，可以作为中小型企业用户的核心层设备或大型企业网的汇聚/核心层设备，也可以作为运营商或者大型企业网的接入路由器。

目前客户实际网络中仍存在相当数量的 ATM 链路，为了满足相关的应用，SR6600 采用兼容性设计，在其先进的硬件平台上，沿用 H3C 公司的 MIM ATM-OC3 板卡提供丰富的 ATM 特性和强大的 ATM 转发性能。

由于 H3C SR6600 采用了 Comware V5 软件平台，很好地继承了该平台丰富的 ATM 特性，并且针对 SR6600 路由器涉及的多核多线程处理器以及分布式架构进行增强开发，有效提升了 ATM 性能和 ATM 应用的可靠性。

H3C SR6600 一期支持的 ATM 特性有：

- PPPoA: PPP over ATM, 主要用于 ATM 承载 PPP 接入
- IPoA: ATM 上面直接承载 IP 协议
- PPPoEoA Server: PPPoE 承载在 ATM 上面, 主要用于接入 ADSL PPPoE 拨号用户
- IPoEoA: 普通的以太网承载到 ATM 上面, 可用于 ATM2 层桥接两个以太网
- ATM OAM: OAM 主要包括 OAM loopback、OAM F4/F5、OAM AIS/RDI 功能, 主要功能是检测、管理 PVC, 包括监测 PVC 的状态, 故障通告等功能
- ATM MIB: 符合 RFC 2515
- ATM 报文传输优先级
- ATM 的 VP 监管: 在 VP 一级上进行流量监管
- ATM PVC QoS: 支持以下四种 PVC 速率限制, cbr、ubr、vbr-nrt、vbr-rt
- ATM 可靠性: 板卡支持热插拔, 主备倒换时 ATM 业务不中断

5 H3C SR6600 ATM 典型组网案例

5.1 典型组网案例

H3C SR6608 作为汇聚层路由器, 应用较多的 ATM 特性为 IPoA。

图16 SR6608 ATM 典型应用组网图

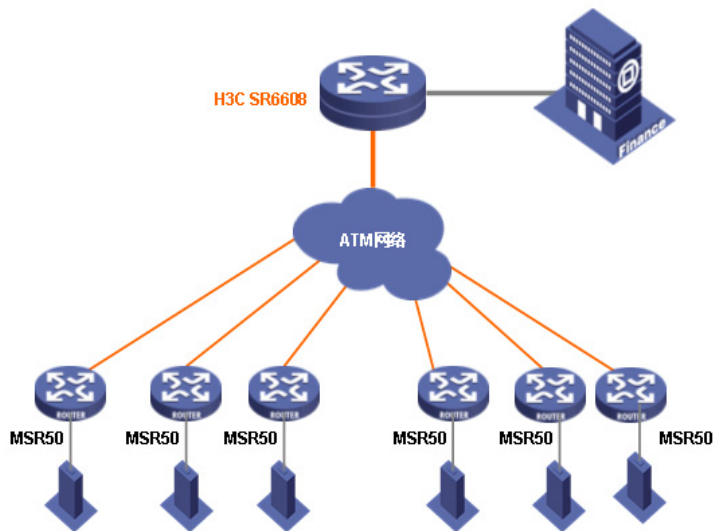


图 16是SR6608ATM的典型应用组网。该组网反映的是某银行的各个分支节点, 通过H3C MSR50路由器的ATM模块, 运行IPoA协议, 经由总行的H3C SR6608 路由器汇聚接入到核心网络中。SR6608 配置了多块MIM ATM-OC3 板卡, 在多条PVC上配置了IPoA应用, PVC上针对关键业务如视频、语音配置相应的QoS策略, 保证其应用带宽, 同时充分发挥其分布式ATM特性处理性能强、可靠性高的优势, 保证整个网络高效稳健地运行。