

第 2 章

广域通信网

2.1 备考指南

2.1.1 考纲要求

根据考试大纲中相应的考核要求，在“广域通信网”知识模块上，要求考生掌握以下方面的内容。

- (1) 交换技术。
- (2) 接入技术。

2.1.2 考点统计

“广域通信网”知识模块在历次网络工程师考试试卷中出现的考核知识点及分值分布情况如表 2.1 所示。

表 2.1 历年考点统计表

年 份	题 号	知 识 点	分 值
2017 年 下半年	上午：18	帧中继、ATM	1 分
	下午：无	无	0 分
2017 年 上半年	上午：17、18	光纤接入广域网	2 分
	下午：无	无	0 分
2016 年 下半年	上午：12、50	PPP 协议、广域网的流量和差错控制	2 分
	下午：无	无	0 分
2016 年 上半年	上午：18、67	XDSL	2 分
	下午：无	无	0 分



续表

年 份	题 号	知 识 点	分 值
2015 年 下半年	上午: 18、19、68、69	XDSL、HFC	4 分
	下午: 无	无	0 分
2015 年 上半年	上午: 12、33	HDLC 协议、光纤接入网	2 分
	下午: 无	无	0 分
2014 年 下半年	上午: 13、17~21	XDSL、ISDN、PPP 协议、帧中继网络	6 分
	下午: 无	无	0 分
2014 年 上半年	上午: 58、59	移动 IP	2 分
	下午: 无	无	0 分
2013 年 下半年	上午: 11、12	帧中继网络	4 分
	下午: 无	无	0 分
2013 年 上半年	上午: 17	虚电路通信	2 分
	下午: 无	无	0 分
2012 年 下半年	上午: 14	RS-232-C 标准	2 分
	下午: 试题一	无线局域网接入技术	13 分
2012 年 上半年	上午: 13	帧中继	2 分
	下午: 试题一	接入网技术	5 分

2.1.3 命题特点

纵观历年试卷,本章知识点是以选择题的形式出现在试卷中的。本章知识点在历次考试上午试卷中,所考查的题量为3~4道选择题,所占分值为3~4分(占试卷总分值75分中的4%~5%);在下午试卷中较少出现,所考查的题量最多为1道综合案例题,所占分值大约为15分(约占试卷总分值75分中的20%)。大多数试题偏重于理论,考试难度中等。本章内容在最近几次考试中题量不固定,但总体来讲题量不多,教材改版后,题量有所增加。

X.25 公共数据网、帧中继网是重点考核内容。

ISDN、ATM 技术不是上午科目重点考查的内容,这部分内容在2008年之前经常出现在下午科目,不过最近几年很少考查。

2.2 考点串讲

2.2.1 公共交换电话网

公共交换电话网(Public Switched Telephone Network, PSTN),从名称上就可以看出这是使用交换技术的网络。事实上,它正是以电路交换技术为基础的,用于传输模拟语音的网络。

电话网概括起来主要由3部分组成:本地回路、干线和交换机。其中,干线和交换机一般采用数字传输和交换技术,而本地回路(也称用户环路)基本上采用模拟线路。由于PSTN





的本地回路是模拟的, 因此当两台计算机想通过 PSTN 传输数据时, 中间必须经双方 Modem(调制解调器)实现计算机数字信号与模拟信号的相互转换。

2.2.1.1 电话系统结构

如图 2.1 所示, 用户电话通过一对铜线连接到最近的端局。而在应用于数字信号通信时, 发送端把数字信号变换为模拟信号, 接收端再把模拟信号变换为数字信号。局间干线则传输数字信号。

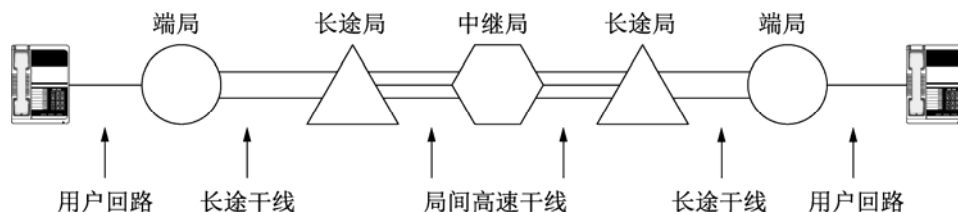


图 2.1 电话系统示意图

2.2.1.2 本地回路

用户把数据终端或计算机连接到电话网上就可进行通信。按照 CCITT 的术语, 用户的数据终端或计算机叫作数据终端设备(DTE)。在通信网络一边, 有一个设备管理网络的接口, 这个设备叫数据电路设备(DCE)。DCE 通常指调制解调器等, 提供建立、维持和拆除电路连接以及波形变换和编码的功能, 如图 2.2 所示。

CCITT 和 ISO 用 4 个技术特性描述与设备之间通信有关的技术细节: 机械特性、电气特性、功能特性和过程特性, 具体如表 2.2 所示。

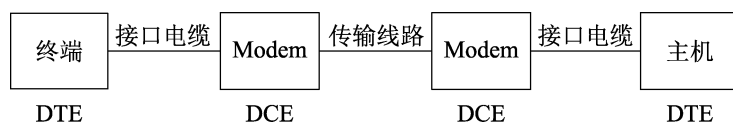


图 2.2 实际设备

表 2.2 CCITT 所描述的与 DTE/DCE 设备之间通信有关的技术特性

特 性	说 明
机械特性	描述了 DTE 和 DCE 之间物理上的分界线, 规定连接器的几何形状、尺寸大小、引线数、引线排列方式以及锁定装置等。在微型机的 RS-232-C 串行接口上大多使用 9 针连接器
电气特性	RS-232-C 采用了 V.28 标准电路, 信号源产生 3~15 V 的信号, ± 3 V 之间是信号电平过渡区, 另外两种常用的电气特性标准是 V.10 和 V.11
功能特性	对接口连线的功能给出明确的定义。RS-232-C 采用的标准是 V.24。V.24 为 DTE/DCE 接口定义了 44 条连线, 为 DTE/ACE 定义了 12 条连线。ACE 为自动呼叫设备。按照 V.24 的命名方法, DTE/DCE 连线用“1”开头的三位数字命名; DTE/ACE 连线用“2”开头的三位数字命名
过程特性	规定了使用接口线实现数据传输的操作过程

2.2.1.3 调制解调器

调制解调器(Modem)通常由电源、发送电路和接收电路组成。发送电路包括调制器、放



大器以及滤波、整形和信号控制电路,它的功能是把计算机产生的数字脉冲转换为已调制的模拟信号;接收电路包括解调器以及有关的电路,它的作用是把模拟信号变成计算机能接收的数字脉冲。

早期的低速 Modem 采用调频技术。后来的 Modem 采用四进制调相技术,即 2 比特对应一个相移,也有的 Modem 采用差分相移键控(DPSK)技术。

符合 CCITT V.29 建议的 Modem 以 9600 b/s 的速率进行全双工或半双工传输,并且采用正交幅度调制(QAM)技术。QAM 是每个 4 比特组的第一位,用于确定码元的幅度,而其余三位用于确定码元的相位。4 种幅度和 8 种相位的结合产生了 16 种不同的码元,因而在 2400 的波特率下可得到 9600 b/s 的数据速率。

符合 CCITT V.32 建议的 Modem 使用网格编码调制(TCM)技术。TCM 在 QAM 的基础上,在编码的过程中插入一个冗余比特,这个冗余比特根据卷积码的原理计算。接收端利用冗余比特进行纠错,从而减小误码率。调制器的输入数据流被分成 4 位的比特组,4 位的比特组经过卷积编码产生了第 5 位——冗余校验位。这种 Modem 可以在公共交换网上实现 9600 b/s 的高速传输。

符合 CCITT V.33 建议的 Modem 对 6 比特组进行幅度相位编码,再增加一个冗余位,形成 7 比特网络编码。在 2400 波特率下可达到 14 400 b/s 的数据速率。

符合 V.90 建议的 Modem 数据速率可达 56 Kb/s。这种 Modem 采用非对称的工作方式,从客户端向服务器端发送称为上行信道,数据速率为 28.8 Kb/s 或 32.6 Kb/s;从服务器端向客户端发送称为下行信道,数据速率可以达到 56 Kb/s。

2.2.2 X.25 公用数据网

X.25 是在 20 世纪 70 年代由国际电报电话咨询委员会制定的,其正式名称是“工作在公用数据网上以分组方式工作的数据终端设备 DTE 和数据电路设备 DCE 之间的接口”。1976 年 3 月 X.25 正式成为国际标准,后来又经过多次修订。在交换技术上,X.25 使用的是分组交换,因此它也常常被称为“X.25 分组交换网”。

X.25 标准分为 3 个协议层:物理层、链路层和分组层。它们分别对应于 OSI 参考模型底下三层。

- X.25 的物理层协议是 X.21,用于定义主机与物理网络之间物理、电气、功能以及过程特性。由于该标准要求用户在电话线路上使用数字信号,而不能使用模拟信号,所以实际上目前支持该物理层标准的公用网非常少,因为现在的电话线路大多数是使用模拟信号的。作为一个临时性措施,CCITT 定义了一个类似于大家熟悉的 RS-232 标准的模拟接口。
- X.25 的数据链路层描述用户主机与分组交换机之间数据的可靠传输,包括帧格式定义、差错控制等。X.25 数据链路层一般采用高级数据链路控制(High Level Data Link Control, HDLC)协议。事实上,它采用的是 HDLC 协议的一个部分——LAPB(平衡型链路接入规程)。
- X.25 的网络层描述主机与网络之间的相互作用,网络层协议处理诸如分组定义、寻址、流量控制以及拥塞控制等问题。网络层的主要功能是允许用户建立虚电路,然后在已建立的虚电路上发送最大长度为 128 个字节的数据报文。X.25 的分组层采用 PLP 协议。



2.2.2.1 CCITT X.21 标准

X.21 建议分为两部分：用于公共数据网同步传输的通用 DTE/DCE 接口和电路交换业务的呼叫控制过程。前者是 X.21 的物理层部分，与建立物理链路有关的操作过程有以下 4 个特性。

(1) 电气特性。X.21 采用 X.26 和 X.27 规定的两种接口电路。X.21 建议指定的数据速率有 600 b/s、2 400 b/s、4 800 b/s、9 600 b/s 和 48 000 b/s。X.21 规定，在 DTE 一边只能采用 X.27 规定的平衡电气特性；在 DCE 一边，对于超过 9 600 b/s 的速率只能采用平衡电气特性，而 4 种低速率则可以选择平衡的或不平衡电气特性。

(2) 机械特性。X.21 的机械接口采用 15 针连接器。

(3) 功能特性。X.21 的接口线比 RS-232-C 大为减少，通过对功能进行编码，在少量电路上传输代表各种功能的字符来建立对公共数据网的连接。X.21 定义的全部互换电路如图 2.3 所示。

(4) 过程特性。数据传输的动态过程如图 2.4 所示。

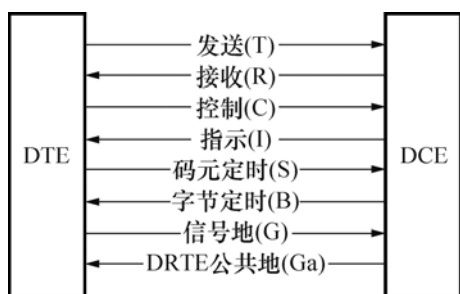


图 2.3 X.21 定义的互换电路

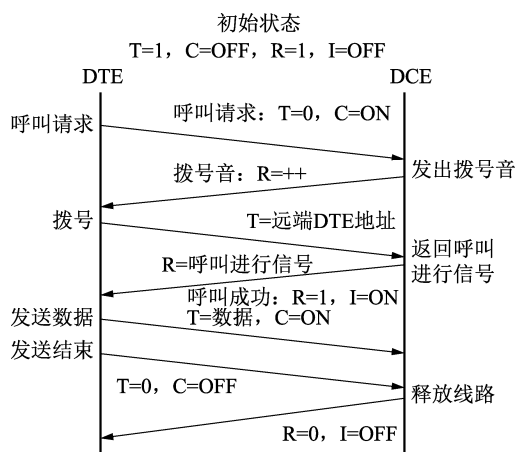


图 2.4 数据传输的动态过程

2.2.2.2 流量控制

流量控制是一种协调发送站和接收站工作步调的技术，其目的是避免发送速度过快，使得接收站来不及处理而丢失数据。

1. 停等协议

停等协议的工作原理是：发送站发出一帧，然后等待应答信号到达后再发送下一帧；接收站每收到一帧后送回一个应答信号(ACK)，表示愿意接收下一帧，如果接收站不送回应答信号，则发送站必须等待。

在半双工的点对点链路上，发送一帧的时间为： $T_{FA}=2t_p+t_f$ 。其中： t_p 为传播延迟； t_f 为发送一帧的时间(称为一帧时)。线路的利用率为

$$E = \frac{t_f}{2t_p + t_f} \quad (2.1)$$

定义 $a=t_p/t_f$ ，则

$$E = \frac{1}{2a + 1} \quad (2.2)$$



线路传播延迟是线路长度 d 和信号传播速率 v 的比值,而一帧时是帧长 L 和数据速率 R 的比,因而有

$$a = \frac{d/v}{L/R} = \frac{Rd/v}{L} \quad (2.3)$$

2. 滑动窗口协议

滑动窗口协议的主要思想是允许连续发送多个帧,而无须等待应答。如果接收端维持能容纳 W 个帧的缓冲区(即窗口大小为 W),那么发送端就可以连续发送 W 个帧而不必等待应答信号,但在收到接收端发送的确认之前,则发送端窗口不会移动。接收端收到一个帧时,就发送一个应答信号,并把窗口滑动到 $i \sim W-i+1$ 的位置,表明 i 之前的帧已正确接收,期望接收后续的 W 个帧。随着数据传送过程的进展窗口向前滑动,因而取名滑动窗口协议。

滑动窗口协议的效率为:

$$E = \frac{W \times t_f}{2t_p + t_f} = \frac{W}{2a + 1} \quad (2.4)$$

3. 差错控制

利用差错检测技术自动地对丢失帧和错误帧请求重发的技术叫作 ARQ(Automatic Repeat reQuest)技术。

1) 停等 ARQ 协议

停等 ARQ 协议是停等流控技术和自动请求重发技术的结合。发送站发送一帧后必须等待应答信号,收到肯定应答信号 ACK 后继续发送下一帧;收到否定应答信号 NAK 后重发该帧;在一定的时间间隔内没有收到应答信号也必须重发。

2) 连续 ARQ 协议

连续 ARQ 协议是滑动窗口技术和自动请求重发技术的结合。由于窗口尺寸开到足够大时,帧在线路上可以连续地流动,因此又称其为连续 ARQ 协议。根据出错帧和丢失帧处理上的不同,连续 ARQ 协议又分选择重发 ARQ 协议和后退 N 帧 ARQ 协议。

选择重发 ARQ 协议只重发出错的帧,其后面的帧被缓存。采用 ARQ 协议时,窗口的最大值应为帧编号数的一半,即 $W_{\text{发}}=W_{\text{收}} \leq 2k-1$ 。

后退 N 帧 ARQ 协议是从出错处重发已发过的 N 个帧。窗口的大小限制为 $W \leq 2k-1$ 。

2.2.2.3 HDLC 协议

HDLC(High Level Data Link Control, 高级数据链路控制)协议是国际标准化组织根据 IBM 公司的 SDLC 协议扩充开发而成的。它是一种面向位的数据链路控制协议。

HDLC 帧由 6 个字段组成,如图 2.5 所示。

(1) HDLC 用一种特殊的位模式 0111110 作为帧的边界标志。

(2) 地址字段用于标识从站的地址,用在点对多点链路中。

(3) HDLC 定义了 3 种帧:信息帧(I 帧)、管理帧(S 帧)和无编号帧(U 帧),如图 2.6 所示。控制字段第 1 位或前两位用于区别 3 种不同格式的帧。基本的控制字段是 8 位长。扩展的控制字段为 16 位长。

(4) 信息字段只有 I 帧和某些无编号帧含有的信息字段。

(5) 帧校验序列通常使用 CRC-CCITT 标准产生的 16 位校验序列,有时也使用 CRC-32 产生的 32 位校验序列。



图 2.5 HDLC 帧结构

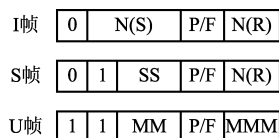


图 2.6 HDLC 三种帧的基本控制信息

2.2.2.4 X.25 PLP 协议

1. 虚电路的建立和释放

X.25 的分组层提供虚电路服务。它支持交换虚电路(Switched Virtual Circuit, SVC)和永久虚电路(Permanent Virtual Circuit, PVC)。

- 交换虚电路是在发送方向网络发送请求建立连接报文要求与远程机器通信时建立的。一旦虚电路建立起来,就可以在建立的连接上发送数据,而且可以保证数据正确到达接收方。X.25 同时提供流量控制机制,以防止快速的发送方淹没慢速的接收方。SVC 的特点是灵活,当需要通信时才建立连接。但是,每次建立连接都会耗费时间。
- 永久虚电路的用法与 SVC 相同,但它是由用户和长途电信公司经过商议预先建立的,因而它时刻存在,用户不需要建立链路而直接使用它。PVC 有点类似于租用的专用线路。PVC 没有 SVC 那样灵活,但是它不需要花费时间建立连接,比较适用于需要及时通信的设备。

X.25 虚电路建立和释放的过程如图 2.7 所示。

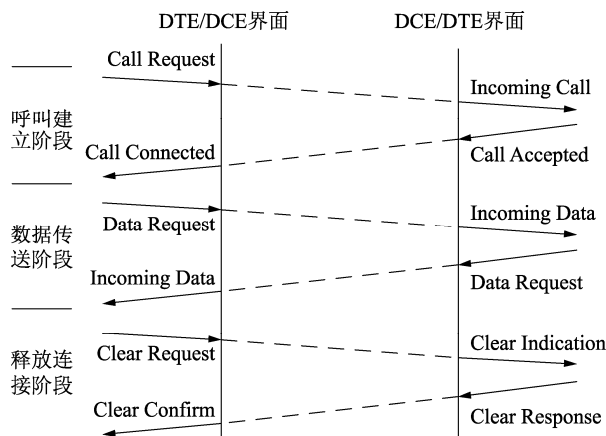


图 2.7 虚电路的建立和释放

2. PLP 协议

X.25 网络层采用分组级协议(Packet Level Protocol, PLP)。PLP 协议把用户数据分成一定大小的块(一般为 128 个字节),再加 24 位或 32 位的分组头组成数据分组。分组头中第三个字节的最低位用来区分数据分组(该位为 0)和其他的控制分组(该位为 1)。

X.25 具有分组排序的功能,能识别分组组成的序列。当长的数据块经过一个只允许小分组通过的网络时,要保持数据块的完整性,就需要这个功能。



3. 流量和差错控制

X.25 的流量控制和差错控制机制与 HDLC 类似。X.25 默认的窗口大小是 2, 但是对于 3 位顺序号, 窗口最大可设置为 7; 对 7 位的顺序号, 窗口最大可设置为 127。这是在建立虚电路时通过协商决定的。X.25 的差错控制采用后退 N 帧 ARQ(自动重发请求)协议。

2.2.2.5 X.25 的优缺点

X.25 网络算是一个比较“古老”的网络了, 它是在物理链路传输质量很差的情况下开发出来的。为了保障数据传输的可靠性, 它在每一段链路上都要执行差错校验和出错重传。于是, X.25 的缺点很明显: 由于复杂的差错校验机制导致了它的传输效率受到了限制。传输速率方面, X.25 网络并不是很快, 它提供的数据传输速率一般为 64 Kb/s。

X.25 网络的优点如下。

- 可以在一条物理电路上同时开放多条虚电路供多个用户同时使用。
- 网络具有动态路由功能和复杂完备的误码纠错功能。
- X.25 分组交换网可以满足不同速率和不同型号的终端与计算机之间、计算机与计算机之间, 以及局域网与局域网之间的数据通信。

2.2.3 帧中继网

帧中继技术是由 X.25 分组交换技术演变而来的, 可以说是一种经过改进了的 X.25。与 X.25 一样, 帧中继同样采用分组交换技术。然而, 这种交换技术与通常的分组交换有些不同, 有时也称这种分组交换为“快速分组交换”。

帧中继工作在 OSI 参考模型的底两层, 即物理层和数据链路层。帧中继在第二层建立虚电路, 用帧方式承载数据业务, 因而第三层被简化掉了。同时 FR 的帧层比较简单, 只做检错, 不再重传, 没有滑动窗口式的流控, 只用拥塞控制。

2.2.3.1 帧中继服务

帧中继与 X.25 一样, 也支持永久虚电路和交换虚电路, 但是相对来说, 永久虚电路使用得比较多一点。用户可以在两个节点之间租用一条永久虚电路, 并通过该虚电路发送数据帧, 其长度可达 1600 字节。用户也可以在多个节点之间通过租用多条永久虚电路进行通信。在帧中继的虚电路上可以提供不同的服务质量, 服务质量参数如下。

- 接入速率(AR): 指 DTE 可获得的最大数据速率, 即用户接入网络接口的物理速率。
- 约定突发量(Bc): 指在 T_c 时间间隔内允许用户发送的数据量。
- 超突发量(Be): 指在 T_c 时间间隔内超过 Bc 部分的数据流量。
- 约定数据速率(CIR): 指在数据通信过程中 ISP 能够保证的数据传输速率。
- 扩展数据速率(EIR): 指允许用户在 CIR 基础额外传输的数据速率。
- 约定速率测量时间(T_c): 指测量 Bc 和 Be 的时间间隔。
- 信息字段最大长度: 指每个帧中包含的信息字段的最大字节数, 默认为 1600 字节。

这些参数的关系为

$$B_c = T_c \times CIR$$

$$B_e = T_c \times EIR$$



在帧中继网上,用户的数据速率可以在一定的范围内变化,从而既可以适应流式业务,又可以适应突发式业务,这使得帧中继成为远程传输的理想形式。

2.2.3.2 帧中继协议

帧中继协议叫作D信道链路接入规程(LAP-D),它比平衡型链路接入规程(LAPB)简单,省去了控制字段。帧中继的帧格式如图2.8所示。LAP-D帧头和帧尾都是一个字节的帧标志字段,编码为01111110,信息字段长度可变,1600字节是默认的最大长度。

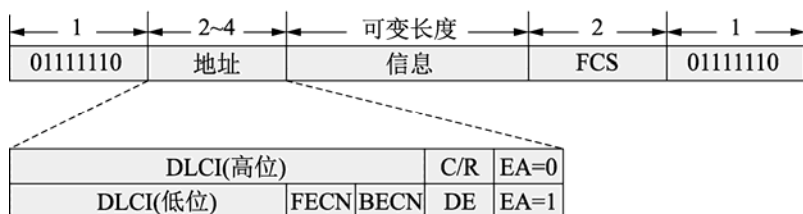


图2.8 帧中继的帧格式

由于LAP-D增加了拥塞控制功能,所以帧格式中FECN位、BECN位及DE位就显得比较重要。FECN位是向前拥塞比特位,该位为1表示在传送方向上出现了拥塞,该帧到达接收方后,接收方可据此调整发送方的数据速率。BECN位是向后拥塞比特位,该位为1表示在与传送相反的方向上出现了拥塞,该帧到达发送端后,发送方可据此调整发送数据的速率。DE位是优先丢弃比特位,在网络发生拥塞时,DE位为1的帧被优先丢弃。

2.2.3.3 帧中继的优点与应用

帧中继标准已渐成熟,业务需求不断增加,目前已进入高速发展时期。帧中继可通过X.25更新软件实现,也可在DDN网上配置端口来实现,在以ATM为主干的网络中,帧中继仍然可以作为良好的用户接入方式。

目前的路由器都支持帧中继协议,帧中继上可承载流行的IP业务,IP加帧中继已经成了广域网应用的绝佳选择。近年来,帧中继上的话音传输技术(VOFR)也不断发展。

帧中继远程联网的主要优点如下。

- 基于分组(帧)交换的透明传输,可提供面向连接的服务。
- 帧长可变,长度可达1600~4096字节,可以承载各种局域网的数据帧。
- 数据速率可达2M~45 Mb/s。
- 既可以按需要提供带宽,也可以应付突发的数据传输。
- 没有流控和重传机制,开销很少,传输效率高。

帧中继可以有效地处理突发性数据,当数据业务量为突发性时,由于帧中继具有动态分配带宽的功能,便允许用户的数据速率在一定范围内变化。但它不适于对延迟较敏感的应用(如音频、视频),因为无法保证可靠地提交。

2.2.4 ISDN 和 ATM

2.2.4.1 ISDN

综合业务数字网(ISDN)是一种数字交换电话系统,它不仅支持电话网上的所有业务,



还能够提供数据透明传送业务和分组传送业务。ISDN 的中心思想是数字比特管道,它是客户 and 电信公司之间概念上的管道,比特流就从这里流过。在交换技术上,这种网络既支持线路交换也支持分组交换。

1. ISDN 系统结构

ISDN 的系统结构由 3 部分组成,分别是设备终端、网络终端和适配器。

设备终端(TE)有两种类型:TE1 和 TE2。前者可以和网络终端设备(NT)连接;后者被称为非 ISDN 设备,必须通过终端适配器(TA)才能把 TE2 连接到 NT 上面。

网络终端(NT)配置在用户端,通过用户端与网络端的交换设备相连接。为了满足不同的配置要求,NT 可以分为两种类型:NT1 和 NT2。

- NT1 是第一网络终端,被放置在用户设备和 ISDN 交换系统之间,不仅起到插板作用,还可以进行网络管理和维护等工作。
- NT2 具有交换和集线功能。
- TA 功能是把非 ISDN 的终端接入 ISDN 网络中。TA 的功能包括速率适配和协议转换等。

2. 两种 ISDN

ISDN 包括两种:窄带 ISDN 和宽带 ISDN。平常所说的 ISDN 就是窄带 ISDN(N-ISDN),它是基于异步传输方式的技术。和 N-ISDN 一样,宽带 ISDN(B-ISDN)包括了 N-ISDN 的所有业务功能,它的主要任务就是以全新的交换体制来支持所有可能的电信业务。

ISDN 定义了一些标准化的通路,定义的标准如下。

- A 通路:4 kHz 带宽的标准模拟通路。
- B 通路:64 Kb/s 的数字脉码调制(PCM)话音或者数据通路。
- C 通路:8 Kb/s 或 16 Kb/s 的数字通路。
- D 通路:16 Kb/s 或 64 Kb/s 用作带外信令的数字通路。
- E 通路:64 Kb/s 的为内部 ISDN 信令使用的数字通路。
- H 通路:384 Kb/s、1358 Kb/s 或 1290 Kb/s 的数字通路。

另外,它还提供了两种标准的用户-网络接口,分别是基本速率接口和基群速率接口。基本速率接口允许用户使用模拟电话并且进行数据的纯数字通信,由两条 64 Kb/s 的 B 信道和一条 16 Kb/s 的 D 信道组成,合计的速率是 144 Kb/s。基群速率接口是指综合业务数字网(ISDN)中的一种用户-网络接口(UNI),在该接口上,综合业务数字网(ISDN)向用户提供 30 个 B 信道(在 T1 中为 23 个)和一个 D 信道(信道速率为 64Kbit/s)。

1) 窄带 ISDN(N-ISDN)

N-ISDN 是一种基于电路交换网的技术,目的是以数字系统代替模拟电话系统,把音频、视频和数据业务在一个网络上一同传输。N-ISDN 以固定的比特速率向用户提供电路交换服务、分组服务和其他服务。

N-ISDN 系统提供两种用户接口:基本速率 2B+D 和一次群速率 30B+D。其中,B 信道是 64 Kb/s 的话音或数据信道,D 信道是 16 Kb/s 的信令信道。用户最多在 NT1 总线上挂接 8 台设备,共享 2B+D 的 144 Kb/s 信道。大型用户通过 NT2 接入 N-ISDN,享有 30B+D 达到 2.048 Mb/s 的速率。N-ISDN 采用的是时分多路复用技术。

N-ISDN 具有类似于 OSI 的三层结构。多路复用属于物理层的功能;ISDN 的数据链路



层采用 LAPD 协议；网络层主要支持电路交换和分组交换功能，与 X.25 的分组层协议极为相似。

N-ISDN 的缺点是数据传输速率太低，不适合视频信息等需要高带宽的应用。

2) 宽带 ISDN(B-ISDN)

B-ISDN 模型采用了与 OSI 同样的分层概念，同时还以不同的平面来区分用户信息、控制信息和管理信息。用户平面提供与用户数据传送有关的流量控制和差错检测功能；控制平面主要用于连接和信令信息的管理；管理平面支持网络管理和维护功能。

B-ISDN 的关键技术是异步传输模式(ATM)，采用五类双绞线或光纤传输，数据速率可达 155 Mb/s。

2.2.4.2 同步传输和异步传输

1. 同步传输模式

同步传输模式(STM)：在同步时分多路复用中，不同的子信道通过帧内时间片位置予以区分，基于子信道的信息传输周期性地占用帧中的固定时间片，只要收发双方在时间上严格保持同步，双方就可以从复用的信道中分解出所需的信息。同步传输模式最大的特点是时间片的静态分配，而空闲时间片浪费了信道的带宽。

当同步传输模式技术引入交换机时，出现了同步时分交换技术，将输入端口的某个时间片的内容“交换”到输出端对应的的时间片中。

2. 异步传输模式

异步传输模式(ATM)：以异步时分复用概念为基础，每个时间片没有固定的占有者，各子信道的信息按照优先级和排队规则按需分配时间片。为了使得接收方可以区分使用时间片的信息所属，信息的前部增加了报头。报头和信息构成了信道上传输的分组。异步传输模式中的分组定义为 53 字节，也称为信元。ATM 是以信元为传输单位的统计复用技术。

当异步传输模式技术引入交换机时，出现了 ATM 交换技术，根据输入端口的各个信元的信元头中的信息将信元“交换”到指定的输出端口。

2.2.4.3 ATM 网络

采用 ATM 交换技术构造的网络称为 ATM 网络。ATM 网络主要包含物理层和数据链路层。其中，数据链路层又被划分为两个子层：ATM 适配子层(AAL)和 ATM 子层。AAL 子层主要定义高层 PDU 和信元中数据域(48 字节)的装拆方法。ATM 子层主要定义信元头的结构，以及 ATM 信元的组织结构等。ATM 物理层主要定义物理设备和物理媒体的接口，以及信元的传输编码等。

1. ATM 物理层

ATM 物理层又分为两个子层：物理介质相关子层(PMD)和传输汇聚子层(TC)。PMD 子层负责在物理媒体上正确传输和接收比特流。TC 子层实现信元流和比特流的转换。

2. ATM 层

ATM 层是 ATM 数据链路层的下子层，主要定义信元头的结构，以及使用物理链路的方法。



1) 信元头结构

ATM 层定义了两种信元头结构:网络用户端接口(UNI)定义了 ATM 交换机面向用户的信元头格式;网络/网络端接口(NNI)定义了 ATM 交换机之间的接口信元头格式。在两种信元头格式中,VPI 用来标识不同的虚拟路径;VCI 用来标识虚拟路径中的虚拟通道。VPI/VCI 在用户建立连接时分配,并在信息传输途径的 ATM 交换节点上建立输入/输出映射表。传输信元时,交换机根据信元头的 VPI/VCI 查映射表,形成新的 VPI/VCI,填入信元头,物理层的 TC 子层形成新的循环冗余校验码,并通过媒体进行传输。

2) ATM 层的功能

ATM 层提供下列功能。

- 信元的汇集和分拣。
- VPI/VCI 的管理。
- 信元头的增删。
- 信元速率调整。

3. ATM 适配层

ATM 适配层(AAL)的主要目的是将高层的信息转换成适合 ATM 网络传输要求的格式。

1) CCITT 通信业务分类

- CLASS A: 支持源/宿之间具有实时性要求的恒定位速率(CBR)业务。CBR 业务采用面向连接的工作方式。
- CLASS B: 支持源/宿之间具有实时性要求的可变位速率(VBR)业务。VBR 业务采用面向连接的工作方式。
- CLASS C: 支持源/宿之间无实时性要求的可变位速率(VBR)业务。
- CLASS D: 支持面向无连接的数据传输服务。

其中,CLASS A/B 支持实时信息的传输(如视频和语音传输),CLASS C/D 支持无实时性要求的信息传输(如高速数据传输)。

2) AAL 协议类型

为了支持上述 4 种类别的业务,CCITT 定义了 4 种类型的 AAL 协议,如表 2.3 所示。

表 2.3 AAL 分类

服务类型	协 议			
	AAL1	AAL2	AAL3/4	AAL5
连接模式	面向连接	面向连接	面向无连接	面向连接
端到端定时	要求	要求	不要求	不要求
位速率	恒定	可变	可变	可变
业务类型	CLASS A	CLASS B	CLASS C/D	CLASS C/D

2.3 真题详解

试题 1 (2017 年下半年试题 18)

下列分组交换网络中,采用的交换技术与其他 3 个不同的是__(18)__网。

- (18) A. IP B. X. 25 C. 帧中继 D. ATM





参考答案: (18)A。

要点解析: IP 是面向对象的连接, 其他是面向连接的网络。

试题2 (2017年上半年试题17和试题18)

路由器与计算机串行接口连接, 利用虚拟终端对路由器进行本地配置的接口是__(17)__, 路由器通过光纤连接广域网的接口是__(18)__。

(17) A. Console 口 B. 同步串行口 C. SFP 端口 D. AUX 端口

(18) A. Console 口 B. 同步串行口 C. SFP 端口 D. AUX 端口

参考答案: (17)A; (18)C。

要点解析: 路由器 Console 端口使用专用连线直接连接至计算机的串口, 对路由器进行本地设置。SFP(Small Form-factor Pluggable, 小型机架可插拔设备)端口用于安装 SFP 模块, 该模块能够将电、光信号进行转换, 可用于连接光纤通道。

试题3 (2016年下半年试题12)

点对点协议 PPP 中 LCP 的作用是__(12)__。

(12) A. 包装各种上层协议 B. 封装承载的网络层协议
C. 把分组转变成信元 D. 建立和配置数据链路

参考答案: (12)D。

要点解析: PPP 协议是工作于数据链路层的点到点协议, 其包含 LCP 和 NCP 协议, 其中 LCP 负责链路的建立、维护和终止; NCP 负责网络层协议的协商。

试题4 (2016年下半年试题50)

由于内网 P2P、视频流媒体、网络游戏等流量占用过大, 影响网络性能, 可以__(50)__来保障正常的 Web 及邮件流量需求。

(50) A. 使用网闸 B. 升级核心交换机
C. 部署流量控制设备 D. 部署网络安全审计设备

参考答案: (50)C。

要点解析: 流量控制设备可对不同的业务流量通过带宽保证、带宽预留等流量保障手段, 保障关键业务的带宽需求; 通过链路备份、流量分担等智能选路策略, 保障关键业务的正常使用, 极大提升应用的服务质量。

试题5 (2016年上半年试题18)

在 xDSL 技术中, 能提供上下行信道非对称传输的技术是__(18)__。

(18) A. HDSL B. ADSL C. SDSL D. ISDNDSL

参考答案: (18)B。

要点解析: 数字用户线路(Digital Subscriber Line, DSL)允许用户在传统的电话线上提供高速的数据传输, 用户计算机借助于 DSL 调制解调器连接到电话线上, 通过 DSL 连接访问因特网或者企业网络。

DSL 采用尖端的数字调制技术, 可以提供比 ISDN 快得多的速率, 其实际速率取决于 DSL 的业务类型和很多物理层因素, 例如电话线的长度、线径、串扰和噪音等。

DSL 技术存在多种类型, 以下是常见的技术类型。



- ADSL: 非对称 DSL, 上下行流量不对称, 一般具有三个信道, 分别为 1.544~9Mb/s 的高速下行信道, 16~640Kb/s 的双工信道, 64Kb/s 的语音信道。
- SDSL: 对称 DSL, 用户的上下行流量对称, 最高可以达到 1.544Mb/s。
- ISDNDSL: 介于 ISDN 和 DSL 之间, 可以提供最远距离为 4600~5500m 的 128Kb/s 双向对称传输。
- HDSL: 高比特率 DSL, 是在两个线对上提供 1.544Mb/s 或在三个线对上提供 2.048Mb/s 对称通信的技术, 其最大特点是可以运行在低质量线路上, 最大距离为 3700~4600m。
- VDSL: 甚高比特率 DSL, 一种快速非对称 DSL 业务, 可以在一对电话线上提供数据和语音业务。

试题 6 (2016 年上半年试题 67)

使用 ADSL 拨号上网, 需要在用户端安装 (67) 协议。

(67) A. PPP B. SLIP C. PPTP D. PPPoE

参考答案: (67)D。

要点解析: PPPoE 是利用以太网发送 PPP 并且支持在同一以太网上建立多个 PPP 连接的接入技术, 它结合了以太网和 PPP 连接的综合属性, 在 ADSL 拨号中经常应用。PPPoE 一般面向广大普通用户提供认证、计费服务, 也可用于固定用户申请独用的一个公网 IP 地址。PPPoE 认证的主要特点在于其应用广泛、成熟, 而且标准性、互通性好, 与现有主流的 PC 操作系统可以良好地兼容, 不存在兼容性问题。

试题 7 (2015 年下半年试题 18 和试题 19)

ADSL 采用 (18) 技术把 PSTN 线路划分为语音、上行和下行三个独立的信道, 同时提供电话和上网服务。采用 ADSL 联网, 计算机需要通过 (19) 和分离器连接到电话入户接线盒。

(18) A. 对分复用 B. 频分复用 C. 空分复用 D. 码分多址

(19) A. ADSL 交换机 B. Cable Modem C. ADSL Modem D. 无线路由器

参考答案: (18)B; (19)C。

要点解析: ADSL 技术采用频分复用技术把普通的电话线分成了电话、上行和下行三个相对独立的信道, 从而避免了相互之间的干扰。用户可以边打电话边上网, 不用担心上网速率和通话质量下降的情况。理论上, ADSL 可在 5km 的范围内, 在一对铜缆双绞线上提供最高 1Mb/s 的上行速率和最高 8Mb/s 的下行速率(也就是我们通常说的带宽), 能同时提供语音和数据业务。

在用户端, 用户需要使用一个 ADSL 终端即 ADSL Modem 来连接电话线路。ADSL Modem 的作用是完成数据信号的调制和解调, 使数字信号能在模拟信道上传输。

试题 8 (2015 年下半年试题 68 和试题 69)

通过 HFC 网络实现宽带接入, 用户端需要的设备是 (68), 局端用于控制和管理用户的设备是 (69)。

(68) A. Cable Modem B. ADSL Modem
C. OLT D. CMTS



- (69) A. Cable Modem B. ADSL Modem
C. OLT D. CMTS

参考答案: (68)A; (69)D。

要点解析: HFC 是将光缆敷设到小区, 然后通过光电转换节点, 利用有线电视 CATV 的总线式同轴电缆连接到用户, 提供综合电信业务的技术。这种方式可以充分利用 CATV 原有的网络, 建网快、造价低, 逐渐成为最佳的接入方式之一。HFC 是由光纤干线网和同轴电缆分配网通过光节点站结合而成的, 一般光纤干线网采用星型拓扑, 同轴电缆分配网采用树型结构。

在同轴电缆的技术方案中, 用户端需要使用一个称为 Cable Modem(电缆调制解调器)的设备, 它不单纯是一个调制解调器, 还集成了调谐器、加/解密设备、桥接器、网络接口卡、虚拟专网代理和以太网集线器的功能于一身, 无须拨号, 可提供随时在线的永久连接。其上行速率已达 10Mb/s 以上, 下行速率更高。

CMTS(电缆调制解调器终端系统), CMTS 是管理控制 Cable Modem 的设备, 其配置可通过 Console 接口或以太网接口完成。其配置内容主要有: 下行频率、下行调制方式、下行电平等。

试题 9 (2015 年上半年试题 12)

Cisco 路由器高速同步串口默认的封装协议是 (12)。

- (12) A. PPP B. LAPB C. HDLC D. AIM-DXI

参考答案: (12) C。

要点解析: 在路由器的广域网连接中, 应用最多的端口还要算“高速同步串口”(SERIAL), 这种端口主要是用于连接目前应用非常广泛的 DDN、帧中继(Frame Relay)、X.25、PSTN(模拟电话线路)等网络连接模式, SERIAL 接口支持 HDLC、PPP 和 Frame Relay 的广域网封装协议。HDLC 是 CISCO 路由器使用的缺省协议, 一台新路由器在未指定封装协议时默认使用 HDLC 封装。

试题 10 (2015 年上半年试题 33)

以下叙述中, 不属于无源光网络优势的是 (33)。

- (33) A. 设备简单, 安装维护费用低, 投资相对较小
B. 组网灵活, 支持多种拓扑结构
C. 安装方便, 不用另外租用或建造机房
D. 无源光网络适用于点对点通信

参考答案: (33) D。

要点解析: 无光源网络(Passive Optical Network, PON)是一种点对多点的光纤传输和接入技术, 下行采用广播方式、上行采用时分多址方式, 可以灵活地组成树型、星型、总线型等拓扑结构, 在光分支点只需要安装一个简单的光分支器即可, 因此具有节省光缆资源、带宽资源共享、节省机房投资、建网速度快、综合建网成本低等优点。无源光网络包括 ATM-PON 和 Ethernet-PON 两种。



2.4 强化训练

2.4.1 综合知识试题

试题 1 (2014 年下半年试题 13)

下面的广域网络中属于电路交换网络的是 (13)。

- (13) A. ADSL B. X.25 C. FRN D. ATM

试题 2 (2014 年下半年试题 17 和试题 18)

电信运营商提供的 ISDN 服务有两种不同的接口,其中供小型企业和家庭使用的基本速率接口(BRI)可提供的最大数据速率为 (17),供大型企业使用的主速率接口(PRI)可提供的最大数据速率为 (18)。

- (17) A. 128Kb/s B. 144Kb/s C. 1024Kb/s D. 2048Kb/s
(18) A. 128Kb/s B. 144Kb/s C. 1024Kb/s D. 2048Kb/s

试题 3 (2014 年下半年试题 19)

PPP 是连接广域网的一种封装协议,下面关于 PPP 的描述中错误的是 (19)。

- (19) A. 能够控制数据链路的建立 B. 能够分配和管理广域网的 IP 地址
C. 只能采用 IP 作为网络层协议 D. 能够有效地进行错误检测

试题 4 (2014 年下半年试题 20 和试题 21)

下面关于帧中继的描述错误的是 (20),思科路由器支持的帧中继本地管理接口类型(Lmi-type)不包括 (21)。

- (20) A. 在第三层建立虚电路
B. 提供面向连接的服务
C. 是一种高效率的数据链路技术
D. 充分利用了光纤通信和数字网络技术的优势
(21) A. Cisco B. OCE C. ANSI D. Q933A

2.4.2 综合知识试题参考答案

【试题 1】答 案: (13) A。

解 析: 广域网的通信方式有三种: 点到点连接、电路交换和分组交换。现有的电话网络主要是基于电路交换的网络。

ADSL 属于 DSL 技术的一种, 全称为 Asymmetric Digital Subscriber Line(非对称数字用户线路), 亦可称作非对称数字用户环路, 是一种新的数据传输方式。ADSL 技术采用频分复用技术把普通的电话线分成了电话、上行和下行三个相对独立的信道, 从而避免了相互之间的干扰。

X.25 的正式名称是 “工作在公用数据网上以分组方式工作的数据终端设备(DTE)和数据电路端接设备(DCE)之间的接口”, 使用的是分组交换, 因此它也常常被称为 “X.25 分组



交换网”。

FRN 中继技术是分组交换技术的进一步发展,是在数据链路层上用简化的方法传送和交换数据的一种技术。

ATM 是一项数据传输技术,是实现 B-ISDN 业务的核心技术之一。ATM 是以信元为基础的一种分组交换和复用技术,它是一种为了多种业务设计的通用的面向连接的传输模式。它适用于局域网和广域网,具有高速数据传输率,并支持许多种类型如声音、数据、传真、实时视频、CD 质量音频和图像的通信。

【试题 2】答 案: (17) B; (18) D。

解 析: ISDN 分为窄带 ISDN (Narrowband ISDN, N-ISDN)和宽带 ISDN (Broadband ISDN, B-ISDN)。N-ISDN 的目的是以数字系统代替模拟电话系统,把音频、视频和数据业务在一个网络上统一传输。ISDN 系统提供两种用户接口:即基本速率 2B+D 和基群速率 30B+D。所谓 B 信道是 64Kb/s 的语音或数据信道,而 D 信道是 16Kb/s 或 64Kb/s 的信令信道。对于家庭用户,通信公司在用户住所安装一个第一类网络终接设备 NT1。用户可以在连接 NT1 的总线上最多挂接 8 台设备,共享 2B+D 的 144Kb/s 信道。大型商业用户则要通过第二类网络终接设备 NT2 连接 ISDN,这种接入方式可以提供 30B+D (2.048Mb/s)的接口速率。

【试题 3】答 案: (19) C。

解 析: 点对点协议(PPP)为在点对点连接上传输多协议数据包提供了一个标准方法。PPP 最初设计是为两个对等节点之间的 IP 流量传输提供一种封装协议。在 TCP/IP 协议集中它是一种用来同步调制连接的数据链路层协议(OSI 模型中的第二层),替代了原来非标准的第二层协议,即 SLIP。除了 IP 以外,PPP 还可以携带其他协议,包括 DECnet 和 Novell 的 Internet 网包交换(IPX)。

【试题 4】答 案: (20)A; (21) B。

解 析: 帧中继在第二层建立虚电路,用帧方式承载数据业务。本地管理接口(LMI)是在 DTE 设备和 FR 之间的一种信令标准,它负责管理链路连接和保持设备间的状态。Cisco 路由器支持的 LMI 标准有 Cisco、ANSI T1.617 ANNEX D、ITU-TQ.933 ANNEX A。