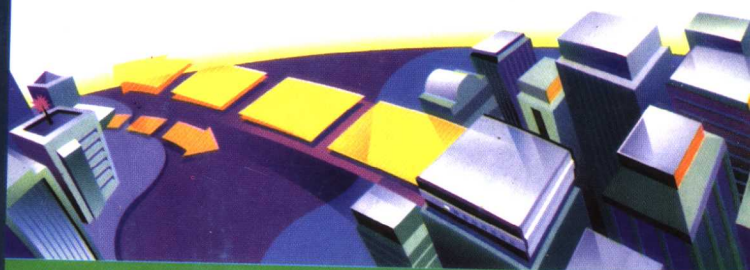
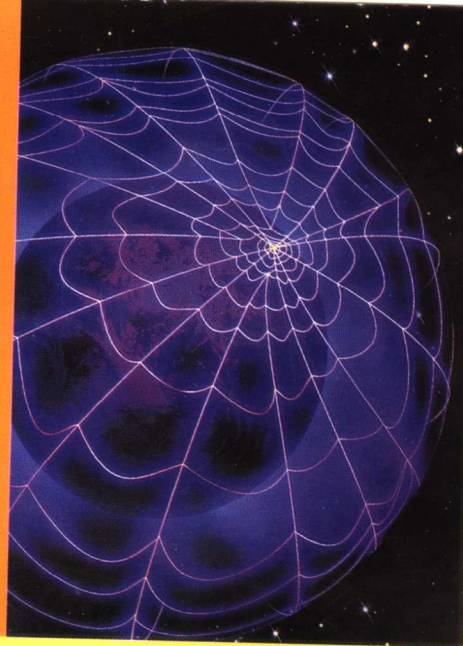


数字 数据网



S H U Z I S H U J U W A N G

曾志民 主编

北京邮电大学出版社

数字数据网

主编 曾志民

编者 刘 勇 陈 微 王兴建

北京邮电大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数字数据网/曾志民主编. - 北京: 北京邮电大学出版社, 1999.2
ISBN 7-5635-0356-0

I. 数… II. 曾… III. 数据通信系统 IV. TN919.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 40242 号

出版发行: 北京邮电大学出版社 电话: (010)62282185(发行部)

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号 邮编: 100876

经 销: 各地新华书店经售

印 刷: 北京邮电大学印刷厂

开 本: 850 mm × 1168 mm 1/32

印 张: 3.5

字 数: 90 千字

版 次: 1999 年 2 月第一版 1999 年 2 月第一次印刷

印 数: 1—1 500 册

书 号: ISBN 7-5635-0356-0/TN·166

定 价: 8.00 元

前 言

国家通信网是国家信息化的重要基础设施，数据通信网是国家通信网的重要组成部分。只有加速发展数据通信，才能实现信息资源共享，加快信息流通，推进国民经济信息化进程。数字数据网（DDN：Digital Data Network）主要是向用户提供专用的数字数据传输通道，为用户建立专用数据网提供条件。为了使从事数据通信业务的技术人员对 DDN 有一个全面的了解，我们在北京邮电大学培训中心举办的《数据通信新业务》培训班所使用教材的基础上，根据多年的教学经验编写了本书。

本书针对邮电通信专业技术人员的实际，以邮电新技术、新业务为导向，以提高本职工作能力为重点，注重实际应用。在系统介绍 DDN 的基本原理的同时，还介绍了几种正在使用 and 发展的数据通信网的特点、适用业务及其相互关系；介绍了 TMN 网络管理的概念；最后介绍了 DDN 组网实例。

本书第一、二、三章和第四章的第一、二节由曾志民副教授、刘勇副教授编著，第四章的第三节由陈微、王兴建同志编著。全书由曾志民副教授统编。

由于作者的水平和经验有限，本书难免有不足之处，请读者批评指正。

编 者

1998 年 2 月

目 录

第一章 数字数据网概述

§ 1.1 数字数据网的产生	1
§ 1.2 数字数据网的网络业务	5
§ 1.3 数字数据网的特性	14
§ 1.4 数字数据网的主要技术指标	16

第二章 数字数据网的基本原理

§ 2.1 数字数据网的构成	18
§ 2.2 数字数据网的用户环路	25
§ 2.3 数字数据网的复用及交叉连接	31
§ 2.4 数字数据网的局间传输及网间互连	43
§ 2.5 数字数据网的同步	45
§ 2.6 数字数据网的网络结构	50
§ 2.7 数字数据网的网络管理	55

第三章 各种数据通信网的特点及其相互关系

§ 3.1 各种数据通信网的特点及其适用业务	67
§ 3.2 各种数据通信网相互关系	74

第四章 国内外数字数据网发展概况

§ 4.1 国外 DDN 发展概况	79
§ 4.2 国内 DDN 发展概况	84
§ 4.3 DDN 组网实例	87

第一章 数字数据网概述

随着计算机通信技术的不断发展，要求租用数据专线的用户越来越多，社会对传输速率高、实时性强、质量可靠的数据信息传输需求量越来越大。原有通信网的模拟信道已很难满足计算机通信及数据传输的要求。数字数据网（DDN）正是在这种情况下应运而生，并迅速发展起来。

数字数据网是利用数字传输技术提供半永久性数字电路连接，以传输数据信号为主的数字传输网络。DDN 由数字电路和 DDN 复用和/或交叉连接节点（简称 DDN 节点）组成。数字数据网主要作用是向用户提供专用的数据传输信道，为用户建立专用数据网提供条件。DDN 可向用户提供图像通信、数字电话通信、数据广播通信、计算机局域网互连、计算机远程通信等多种服务。DDN 还可以为公用分组数据交换网（PSPDN）提供用户与网络间的信道，以及 PSPDN 交换节点间的数据传输信道，以改善分组交换网的数据通信质量。

§ 1.1 数字数据网的产生

在数据通信的发展中，DDN 的产生和发展是由社会发展对数据通信的需求和通信技术（主要是光纤通信系统）、计算机技术（主要是智能通信终端）的发展所决定的，即不但是数据通信业务发展的需要，而且是在通信技术、计算机技术发展的基础

上,从技术上、经济上实现 DDN 可能的情况下发展起来的。

一、电话通信

在模拟电话网上传输的信号是模拟信号。传输模拟电话信号有三种方式:实线传输、调制传输和数字传输。

在电话通信中,通信对象是人,人们利用电话网通过话音交换信息。打电话的人即是电话网的服务对象,同时又参与对电话网的管理、维护。如主叫用户拨完被叫用户号码后,电话网应该向主叫用户送回铃音或者忙音,如果电话网向主叫用户既不送回铃音也不送忙音,说明电话网出现故障。此时,主叫用户通过挂机可使电路恢复。由此可见,电话通信对电话网的要求相对低一些。

在电话通信过程中,模拟电话网传输的是人们说话的话音信号。话音信号的特点一是冗余度大,二是相关性强。这样的信号在传输时对信道的要求相对低一些。

二、数据通信

与模拟信号的三种传输方式相对应,数据信号的传输也有三种方式:基带传输方式、调制传输方式和数字传输方式。

在数据通信中,通信对象是计算机,计算机通过数据交换信息。尽管在数据通信中计算机被称为智能通信终端,但其所谓的“智能”还远远不能和人的智能相比。

数据通信传输的信号是数据信号,数据信号的特点是冗余度小,相关性弱。这样的信号在传输时对信道的要求比话音信号在传输时对信道的要求要高得多。

电话通信与数据通信的特点如下:

项 目	电话通信	数据通信
通信对象	人与人	计算机与计算机
通信内容	话 音	符号、数字、字母

三、数字数据网的产生

60年代是数据通信技术发展的初期阶段。当时的数据通信一般都是通过模拟信道传输的,主要是利用模拟电话网以租用线方式向用户提供异步低速永久性连接的数据通信业务。利用模拟信道传输数据信号需要用调制解调器在发信端、收信端分别做D/A、A/D变换,这种变换将引入一些额外的失真。

70年代中期,随着数据通信的发展,用户对高速率、高质量、多种专线业务的需求日益增长,美国AT&T公司采用时分多路复用技术首先向用户提供了端到端的数字永久性连接的“数据电话数字业务(Dataphone Digital Service)”。这种数据电话数字业务是一种为需要传输数据的企业用户提供的原始数字数据租用线路业务。“数据电话(Dataphone)”是AT&T公司的商标,在数据通信领域中,人们把支持“Dataphone数字数据业务”的网络称为数字数据系统(DDS: Digital Data System)。这种数字数据系统支持56 kbit/s (64 kbit/s)的专线业务,向用户提供的同步数据速率为2.4 kbit/s, 4.8 kbit/s, 9.6 kbit/s和56 kbit/s,干线的集合数据速率为1.544 Mbit/s。在数字数据系统基础上,逐步演变为大家通称的数字数据网(DDN)。

70年代后期,以CCITT X.25建议为核心的分组交换数据通信技术很快实用化,实现了建立数据通信链路由固定性永久连接向交换式任意连接的一次飞跃,因此受到了数据用户的极大欢迎,各个国家先后建立了数据通信分组交换网,并相互连接成世界范围的数据通信分组交换网,为数据用户提供交换虚电路和永久虚电路数据业务。但是,分组交换方式也受到自身技术特点的制约,节点机对所传信息的存储转发和通信协议的处理,使得分组交换网处理速度慢,网络时延大,时延变化不定,因此,使许多需要高速、实时数据通信业务的用户,无法得到满意的服务。

据统计,许多数据用户的需求是为了解决和用于行业部门内的数据信息处理及管理,即相对固定的用户间业务量比较大。如果这类业务量完全利用分组交换网建立一次次的通信连接,显然是不经济的。因此,在 market 需求的推动下,介于永久性连接和交换式连接之间,半永久性连接方式的数字数据传输网,开始作为一种数据通信应用技术的分支逐渐发展起来。最近几年,随着大规模集成电路技术和电子计算机技术的迅速发展,数据通信设备的智能化程度越来越高;光纤传输技术的迅速普及应用,提供了高速率、高质量的传输通路环境。从而更大地促进和加快了 DDN 的技术发展。这是 DDN 产生与发展的外部条件。DDN 能够得以迅速发展普及应用的内在因素是:DDN 在发展过程中,把数据通信技术与数字通信技术、计算机技术、光纤通信技术、数字交叉连接技术等技术有机地结合在一起,形成了一个新的技术整体,使其应用范围从最初单纯提供数据通信服务,逐渐扩展拓宽到支持多种业务网和增值网。目前,DDN 已经发展成为具有很大吸引力和发展潜力的传输网络资源。

美国是 DDN 技术研究和网络发展最早、应用面最广的国家。第一个商用化系统始于 80 年代,到目前为止,全美国已拥有各种大小规模的 DDN 网络系统几十个。

在欧洲,DDN 的实用化技术虽然略晚于美国,但是近年来的网络总体发展水平和进程明显加快,芬兰、挪威、德国、意大利、法国等许多西欧、北欧国家都在竞相积极建设本国的 DDN,并且规模相当可观。

当今 DDN 上采用的技术越来越先进,它不仅能在目前的准同步数字系列(PDH)中使用,而且可用于同步数字系列(SDH)。DDN 已成为数据通信的一个重要的技术分支。

目前,美国、日本、德国、法国等通信发达国家,正在探讨兴建全国性更先进的高速信息公路。

§ 1.2 数字数据网的网络业务

DDN 网络业务主要是时分复用 (TDM) 专用电路业务以及在此基础上通过引入相应服务模块 (如帧中继服务模块、话音服务模块) 而提供的网络增值业务。

一、时分复用(TDM)专用电路业务

TDM 专用电路业务是 DDN 最基本的业务, 它是通过 DDN 节点内的复用或复用和交叉连接功能来实现的。由于节点内的复用均为时分复用方式, 所以 DDN 上的专用电路又称 TDM 连接电路。对用户而言, 专用电路是确定带宽的透明传输电路, DDN 提供的专用电路只具有物理层功能, 可支持任何高层协议的应用。高层协议由 DDN 用户选择和执行, 如图 1.1 所示, 其中图 (a) 为复用功能, 这里, 支路又称为复用信道, 合路又称为集合

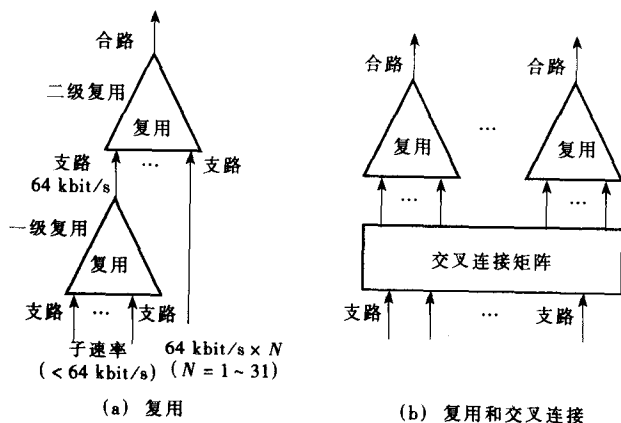


图 1.1 DDN 节点上的复用和交叉连接功能示意图

信道；图（b）为复用和交叉连接功能，这要求在多个复用单元之间增加交叉连接矩阵，实现对各支路的交换。

DDN 上开放的专用电路有两类：点对点专线电路和多点专线电路。

点对点专用电路上只有两个用户。DDN 在这两个用户之间提供双向、同时、对称的数据通路。

多点专用电路上有 N 个用户，按这 N 个用户之间的数据流特性，又分为：广播多点专线电路、双向多点专线电路和 N 向多点专用电路。

1. 广播多点专用电路

广播多点专用电路如图 1.2（a）所示。

广播多点的 N 个用户中，有 1 个为广播源用户，其他为广播接收用户。在 DDN 上只安排有从广播源用户到其他多个广播接收用户方向的数据传输通路，所以广播多点专用电路又称为单向多路多点专用电路。使用广播多点专用电路的例子是股票行情发布，股票交易中心是广播源用户，分布在全国各地的股票交易分中心是广播接收用户，广播源用户周期性广播股票行情数据，广播接收用户实时接收、显示股市行情。

2. 双向多点专用电路

双向多点专用电路如图 1.2（b）所示。

双向多点的 N 个用户中，有 1 个用户为控制站用户，其他为辅助站用户。在 DDN 上，安排有从控制站用户到所有辅助站用户方向的数据传输通路和从任何一个辅助站用户到控制站用户的数据传输通路，但在各辅助站之间没有数据传输通路。利用双向多点专用电路可以实现工作方式轮询/选择的计算机网络。

3. N 向多点专用电路

N 向多点专用电路如图 1.2（c）所示。

N 向多点的 N 个用户中，任何一个用户发出的数据，都被

传输到这组用户中的其他所有用户。 N 向多点专用电路用于会议业务，例如电话会议、电视会议业务等。

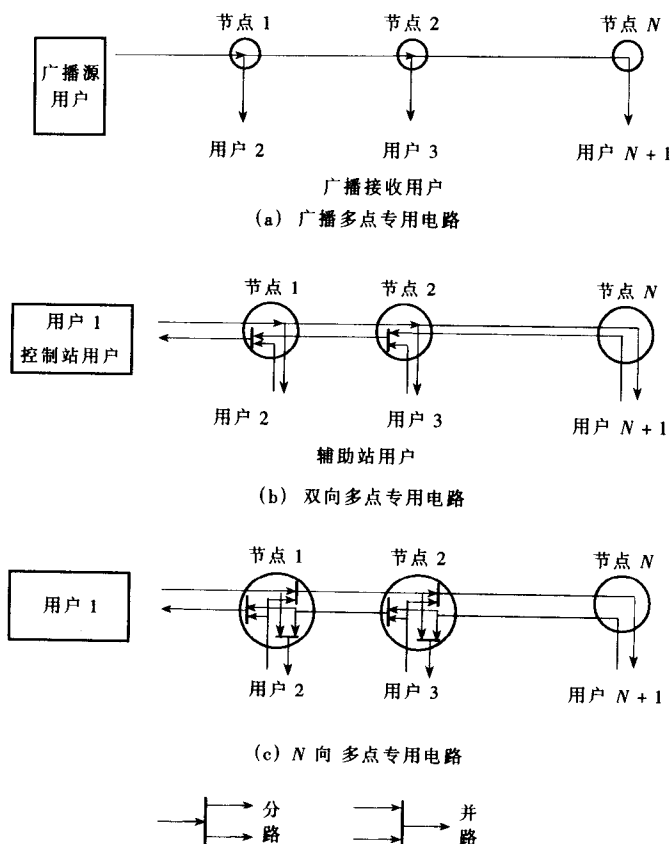


图 1.2 多点专用电路

图 1.2 中的分路功能和并路功能，合称为多点桥接功能。对于 DDN 节点，要求能提供广播多点和双向多点专用电路。在

DDN 节点不能提供 N 向多点桥接功能时, 可以外加多点控制单元, 来提供 N 向多点专用电路。

二、帧中继业务

作为快速分组交换技术的帧中继业务, 能显著减小分组交换网络处理时延 (一个数量级), 提高网络传输速率和吞吐量。同时具有存储转发、动态统计时分复用和异种机互连的优点。帧中继业务的基本思想是: 随着数据通信终端技术的发展, 在光缆电路提供的大容量、高质量数字传输电路上, 通过对分组交换节点协议的大量简化, 以适应比分组交换业务具有更高速率、更大吞吐量和更低传输时延业务的要求。帧中继与分组交换类似, 具有对物理传输通路进行统计时分复用 (STDM)、提高电路利用率的能力。

DDN 通过在 DDN 节点内引入帧中继模块 (FRM: Frame Relay Module) 来提供帧中继业务。帧中继用户与 FRM 之间的接口称为用户/网络接口 (UNI), 在数据网上称为 DTE/DCE 接口; FRM 之间的接口称为网络到网络接口 (NNI), 在数据网上称为中继线接口。帧中继业务的用户分为两类: 一类是具有符合帧中继 UNI 协议接口的用户, 称为帧中继用户; 另一类是具有非帧中继 UNI 协议接口的用户。例如 X.25, SDLC, HDLC 用户, 称为非帧中继用户。这两类用户在与 FRM 相连接时, 帧中继用户直接与 FRM 相连接, 而非帧中继用户则需要经过帧中继装/拆 (FAD) 功能模块才能与 FRM 相连接。FAD 提供所需要的协议转换功能。

不是所有的 DDN 节点中都必须配置 FRM 和/或 FAD 模块。FAD 与 FRM 之间, 以及 FRM 之间的物理传输通路, 是 DDN 根据帧中继业务量的要求配置的确定带宽点到点专用电路; 帧中继业务的用户到 FAD 或 FRM 之间的物理传输通路, 可以是专用线路, 也可以是 DDN 配置的确定带宽点到点专用电路。由此可见,

在 DDN 上,从专用电路业务和帧中继业务两者关系上看,可以把帧中继业务看做是在专用电路业务基础上的增值业务;单从帧中继业务看,可以认为在 DDN 网上有一个逻辑上相对独立的帧中继网络。

1. 帧中继标准

帧中继物理接口从逻辑上可分为用来传送用户数据的用户面(U面)和用来传送信令的控制面(C面)。物理层使用 I.430/I.431 建议,作为 C 面和 U 面的第一层协议。数据链路层 C 面采用了 Q.921 建议;U 面采用了 Q.922 建议附录 A 的核心功能。其他涉及帧中继承载业务的标准有:有关互通性的 I.555 建议、有关阻塞管理的 I.370 建议、有关网络间接口要求的 I.372 建议以及有关信令规范的 Q.933 建议。

在帧中继方式中,数据链路层的主要功能如下:

- (1) 帧定界、定位和透明性;
- (2) 使用帧头中地址段进行帧复用/分路;
- (3) 帧传输差错检测(不纠错);
- (4) 检测传输帧中 0 比特插入之前和取出之后(为了能透明传输)是否由整数个字节组成;
- (5) 检测帧长度,不能太长或太短;
- (6) 阻塞控制功能。

由此可见, Q.922 的核心功能只具备帧识别、复用及检测,从而减少了网络节点的存储、处理过程,降低了传输时延,提高了吞吐量。

在帧中继接口,数据链路层传输的帧结构如下:

- (1) 标志段(F)

所有帧的起始和结束位置都要使用标志段。

- (2) 地址段(A)

地址段的缺省值为 2 个字节,若需要多于 2 个字节,可由传

输双方协商决定。

Q.922 建议的核心功能中地址段可扩展到 4 个字节。其格式包含：

- ① 地址段扩展比特 (EA)，用于指示地址段是否扩展；
- ② 前向明确阻塞通知 (FECN)，用于通知用户启动避免阻塞的程序，它说明了与载有 FECN 指示的帧同方向的信息量的情况；
- ③ 后向明确阻塞通知 (BECN)，说明了与载有 FECN 指示的帧反方向的信息量的情况；
- ④ 可丢弃指示比特 (DE)，DE 置 1，说明该帧在网络发生阻塞时，可考虑丢弃；
- ⑤ 数据链路连接标识符 (DLCI)，用于识别用户/网络或网络间接口上承载信道 (D, B 或 H) 的虚连接。帧中继在 DDN 上使用时，暂用 10 比特的 DLCI。

(3) 帧中继信息段(I)

帧中继信息段由整数个字节组成。数据链路层帧结构中的控制段不包括在核心协议之中，因此可将控制段作为信息传送。

信息段的最大字节数的缺省值是 262 个字节，最小值是 1 字节。最大值也可由用户/网络或网络之间进行协商确定。网络至少应支持的最大值是 1 600 字节，以利于 LAN 的连接。在 DDN 上，暂定为 1 024 个字节。

(4) 帧校验序列段(FCS)

FCS 段为 1 个 16 比特的序列，在帧中继接入设备的发端和收端进行 CRC 校验，所用的生成多项式与 HDLC 相同。校验结果若不同，则丢弃该帧；如需重发，则由上层协议完成。

2. 帧中继流量控制原理

帧中继流量控制原理与 X.25 分组交换中不同。X.25 分组交换中采用的是窗口法，即窗口 W 值决定了发送者可连续发送的分

组数量。新的分组发送需等待 W 值的增长(或进展),而 W 值的增长是由接收者来控制的。当用户为发送者、网络为接收者时,网络通过对 W 值进展速率的控制,调节用户送入网络内的分组速率,达到流控目的。帧中继的流控原理是在用户入网时,采用业务量特性参数预约,当网络发生阻塞时,把阻塞通知发送到用户,由用户采取降速的方法。

每个帧中继用户入网时,都必须预定下列三项业务量特性参数,并由该用户入网点处的网络侧设备进行监测。

- (1) 托付的信息速率 (CIR);
- (2) 托付的实发尺寸 (B_c);
- (3) 超过的突发尺寸 (B_e)。

CIR 的单位为 bit/s , 表明监测周期内的平均发送速率。 B_c 和 B_e 的单位为 bit 。 $B_c + B_e$ 表示监测周期内允许的最大突发尺寸。监测周期 T_c ($T_c = B_e / CIR$) 称为托付的时间间隔。在 T_c 间隔内,监测用户输入到网内的数据量。监测结果分三种不同情况处理。第一种情况是在 T_c 内用户输入的数据量不超过 B_c , 则网络应保证这些帧发至接收端;第二种情况是在 T_c 内用户输入的数据量大于 B_c 但不超过 B_c 与 B_e 之和,则网络把这些帧标记为 $DE=1$ 发送,有可能发至接收端;第三种情况是在 T_c 内用户输入的数据量超过 B_c 与 B_e 之和,则网络丢掉这些帧,不再转发。

T_c 取值的大小,反映了允许用户发送数据的突发程度。对于突发性大的用户, T_c 应取较大的值,例如 10 s 或更大。

帧中继传输要求每条通路均应安排足够的带宽,以便做到:

- (1) 保证各用户预定的 CIR 的传送;
- (2) 留有传送 $DE=1$ 帧的富余带宽。

满足以上两点可用不同的带宽安排方法,例如将通路带宽设置为等于流经该通路传输的所有连接的 CIR 之和加上富余带宽。富余带宽是一个折衷的产物,因为富余带宽的大小会影响 $DE=1$

帧传送到接收端的成功概率和带宽的利用率。

大量用户在某个时间段内集中突发业务，或者网络节点以及传输通路故障等，均会造成网络阻塞。用户之间的连接段上只要有一个方向进入到阻塞状态，均要在两个方向上将阻塞状态通知用户。接收到 FECN 和 BECN 阻塞通知的用户，有责任降低其通过网络的数据发送速率，以缓解网络的阻塞。

3. 帧中继的路由选择

目前帧中继在 DDN 上的应用，主要采用永久虚电路（PVC）连接。帧中继用户每次实时完成 PVC 连接，帧中继接口只定义数据流到帧中继网，在帧中继网中由节点机进行处理，跟分组交换一样。

这种由节点机支持的虚连接，在节点中建立和修改路由表，将物理端口与输入帧对应起来，确定输入帧的传输出口。对于同一个节点的用户终端，通过检验地址来确认物理端口需要接收的数据，直接把信号帧送到目的地。而对于经过两个或两个以上不同节点连接的用户终端，数据必须经过适当的中继线传送到目的地节点。

帧中继每帧中的 DLCI 建立了传输数据的优先权，由 DLCI 指定 PVC，一旦 PVC 建立，就确定了远端节点的路由表。网中路由通过节点处路由表建立。DLCI 只对本地接口有效，交换机判断进入节点机的帧中的 DLCI，以决定下一个节点机的地址，依次进行，就相当于建立了一条指定的物理链路。

4. 帧中继承载业务

网络所提供的承载业务是从一个 S/T 参考点到另一个 S/T 参考点按顺序保持业务数据单元（即帧或数据分组）的双向传输。帧中继网络不支持 Q.922 建议核心功能以上的过程，并采用 PVC 连接，因此网络不保存序列号。

数据单元根据其本身的标识符（例如 DLCI 值）来选择网络