

数据通信技术篇

第十四章 分组交换数据网

数据通信的信息传送具有突发性，即对传输而言，占用线路的时间短，但要求占用较大的带宽，分组交换方式的动态复用信道的特性非常适合此特点，因而分组交换数据网在数据通信的世界里占有重要的一席之地。

第一节 分组交换数据网的基本结构

现有的分组交换网络以分散的多处理器为基础，对业务量负荷具有动态分配的能力及码型转换和协议变换的能力，对用户进网也有较强的适应能力。

一、分组交换网的构成

分组交换网的基本结构如图 14.1 所示。

公用分组网通常采用两级结构，根据业务流量、流向和地区设立一级和二级交换中心。一级交换中心视业务量大小设立中转分组交换机或中转与本地合一的分组交换机。一级交换中心相互连接构成的网通常称为骨干网，常设在大、中城市。由于大、中城市之间的业务量一般较大且在各个方向上都有，所以骨干网采用全连通或

不全连通的网状网。一级交换中心到所属的二级交换中心通常采用星状结构，二级交换中心采用中转与本地合一的交换机或单独设立本地交换机，一般设在中、小城市，可视业务量需要建立直达电路。

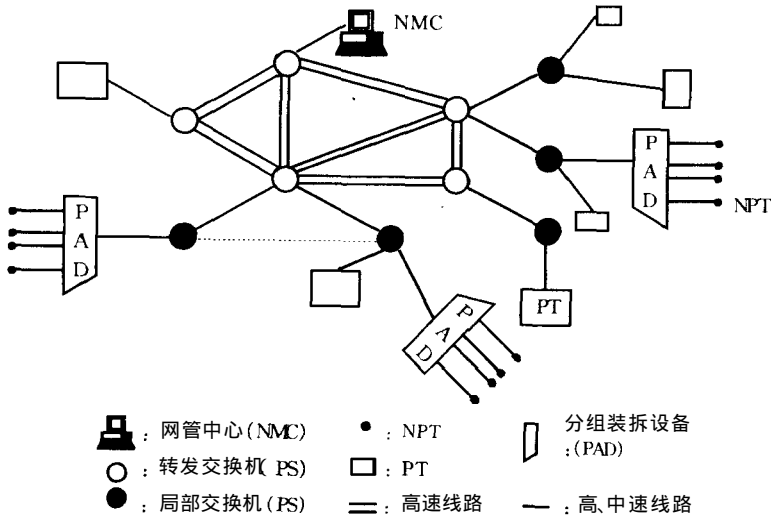


图 14.1 分组交换网

二、分组交换网的各部分功能

分组交换网的功能与网络的总体设计目标及网络结构有关，同时也与网络的硬件、软件有关。

1. 分组交换机的功能

- (1) 为网络的基本业务、可选补充业务提供支持；
- (2) 进行路由选择、流量控制；
- (3) 支持 X.25, X.75 等多种协议；
- (4) 完成局部维护、运行管理，故障报告与诊断、计费及网络

统计等功能。

2. 网络管理中心的功能

网管中心的功能一部分是自动完成，另一部分由操作终端控制完成，主要功能如下：

(1) 网管配置管理与用户管理

网管中心汇集各节点的位置、容量、中继线路速率等网络设备参数，这是路由控制和识别网络是否正常工作的基本数据。

用户管理收集用户的终端类型、用户登记的基本业务、可选业务、线路速率等，以提供相应服务。

(2) 路由管理

网管中心协同各交换机，根据路由选择原则及收集的各种信息计算修改路由表。

(3) 计费管理

网管中心根据交换机提供的主叫、被叫参数进行计费，形成计费文件。

(4) 网络监测、故障告警及状态显示

网管中心监测网内设备的工作情况，发现故障时，通过测试程序定位故障，以图形方式在显示器上表明设备的工作状态、网络的局部负载及告警位置。

3. 数据终端

分组终端：具有 X.25 协议接口的、有分组处理能力的数据通信终端设备。通常是在 PC 机内插入一块通信接口板并配上 X.25 软件。

非分组终端：不具有分组数据处理能力，对它们不能直接进行分组交换，必须经过分组装拆设备转换。非分组终端种类很多，如带异步通信接口的计算机、电传机、可视图文终端等。

4. 分组装拆设备

分组装拆设备是非分组终端接入分组网的接口设备，它的主要

功能有两个：

(1) 规程转换

把非分组终端的简单接口规程与 X.25 协议相互转换，非分组终端的字符通过 PAD 组成分组，以便于发至交换机；反之，把交换机发来的分组拆成字符，以便于非分组终端接收。

(2) 数据集中

各终端的数据流组成分组，在 PAD 中采用动态复用的原理，从而使线路利用率大大提高，即接入 PAD 的各非分组终端速率之和可大于 PAD 至交换机的线路传输速率。

5. 远程集中器

RCU 的功能介于分组交换机与 PAD 之间，是 PAD 功能的扩充，它允许 NPT 接入，PT 通过 RCU 的 X.25 同步接口接入。这样，PT 与 NPT 所发送的分组就在 RCU 至分组交换机的线路上动态复用传输。

一般而言，RCU 的端口数和吞吐量要比 PAD 大，而且 RCU 具有本地交换功能，是网络设备，它的用户可接收 NMC 的管理。

6. 传输线路

传输线路是分组交换网不可缺少的组成部分，分组交换中继传输线路可以是 PCM 数字信道，速率可达 64 kbit/s, 128 kbit/s, 2 Mbit/s 乃至更高，也可以是 Modem 转换的数字信道，速率为 48 kbit/s, 64 kbit/s 等等。

用户线路可以是租用专线，也可以是分组终端通过电话网采用 X.32 规程与分组交换机相连，异步终端经电话网采用 X.28 规程与 PAD 相连。

第二节 分组交换网提供的业务功能

分组交换网向客户提供基本业务功能、任选业务功能及新业务功能。

一、基本业务功能

基本业务功能是指向分组网上所有客户提供的基本服务功能，包括交换虚电路和永久虚电路。

为了在 DTE 和数据电话终端设备（DCE）之间的数据链路上采用动态复用，引入逻辑信道的概念。X.25 建议准许在 DTE 与 DCE 接口之间的一条物理实线上最多有 4 096 条逻辑信道，但实际使用时，取决于交换机内存表格空间的大小。

所谓虚电路就是在数据交换之前，根据全网地址确定当时情况下数据传输的最佳路由，并将数据传输途径的各段逻辑信道连接起来，构成一条完整的逻辑电路，见图 14.2。

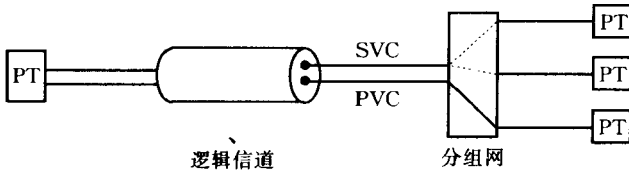


图 14.2 逻辑信道的接续方式

1. 交换虚电路（SVC）

交换虚电路又称对方选择型的通信方式，主叫用户呼叫可以选择任意的通信方式与对方进行通信，一次完整的通信过程分为 3 个阶段：呼叫建立、数据传送、拆线阶段。呼叫建立到释放的过程称为完成一次虚呼叫。它适用于数据传送量小、随机性强的场合。

2. 永久虚电路（PVC）

永久虚电路又称对方固定型链路，它的建立是由网管中心（NMC）预先根据客户需求而设定的，无须通过呼叫来完成链路的建立，因此，客户的通信过程只有数据传输阶段，而没有呼叫建立和拆线阶段。它适用于两个客户间的通信比较频繁且量较大的场合。

分组型终端 (PT) 可借助于分组多路通信方式使一条物理数据链路启动多条用户线 (逻辑信道), 即每条逻辑信道可以选择不同的接续方式: SVC 或 PVC。

二、任选业务功能

分组交换网使用的 X.25 建议规定: 除了为用户提供两项基本业务外, 还提供满足客户特殊要求的附加业务, 但是否使用这些业务, 由客户自己决定, 故称为客户任选业务。客户任选业务提供与否与网络的硬件设备和软件功能有关。客户任选业务有两种方法: 一种是预先登记在合同期内使用, 客户在登记的合同期内的每次呼叫由所连接的交换机核实, 然后向该客户提供所需的任选业务功能; 另一种是在每次呼叫时提出要求, 并在该次呼叫中提供所选的业务功能。

下面对客户常用的任选业务功能做一介绍。

1. 闭合客户群 (CUG)

闭合客户群是由若干客户组成的封闭通信群体, 群体内的各客户间可相互通信, 但一般不能呼叫本群体外的客户; 反之, 群体外的客户也不能与群体内的客户互相通信。设立 CUG 的目的是为了防止因误操作的拨号、不正当的客户拨号而丢失保密数据, 几个相关企业或单位可组成一个闭合客户群组。

在一个分组网内可有多个 CUG, 一个客户也可以同属多个 CUG, 如图 14.3 所示。

2. 虚拟专用网 (VPN)

大集团客户, 如银行系统, 可利用公用网的传输条件、网络端口、网络设备组成一个虚拟专用网, 并可在虚拟网的网管中心管理属于自己专网的资源, 如对多端口进行状态监视、控制、测试、告警、计费、统计信息的收集及局数据的查询等 (见图 14.4), 基本上实现了专用网络所应具有的网络管理能力。

但由于 VPN 涉及的内容较多, 故申请 VPN 的客户应提出自

己的组网要求，并与网管人员商讨后才能定出 VPN 最终的实施方案。

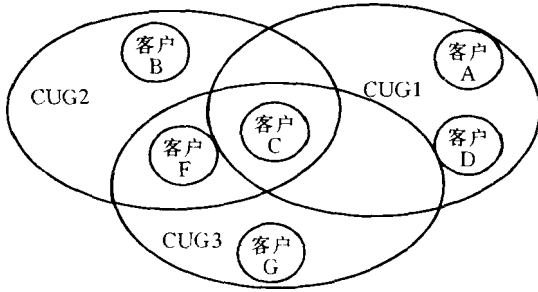


图 14.3 多闭合客户群示意

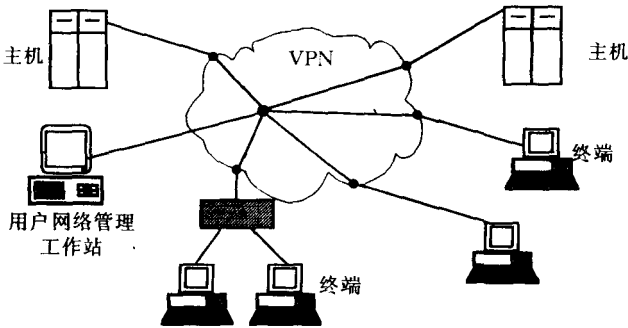


图 14.4 VPN 示意

3. 多址广播功能

该功能允许一个客户同时向多个客户发送同样的信息，作为广播源客户将信息发送到网上的广播服务器，终端用户搜索广播服务器来获得信息。此功能特别适于银行、航空、天气预报、证券和期货市场等行业的信息发布，见图 14.5。

4. 帧中继 (FR) 功能

帧中继是随着局域网技术的发展及光纤技术的普及而发展起来的，局域网要求数据传输速率提高，而光纤使之成为可能，故帧中

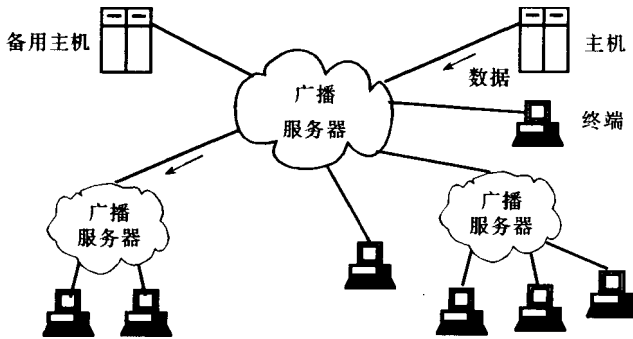


图 14.5 多址广播示意图

继在传输物质速率和质量提高的前提下，简化了 X.25 的差错校验，从而使速率达到了 PCM 一次群的速率，见图 14.6。

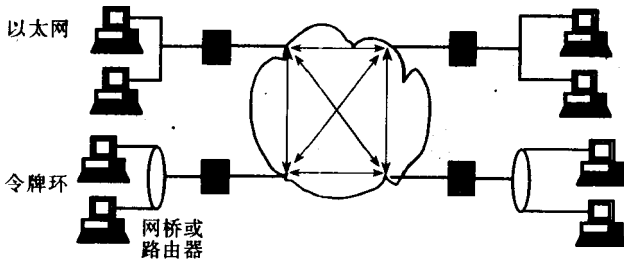


图 14.6 帧中继示意

目前开放的是 PVC 帧中继。

三、新业务功能

在分组交换网中也可以提供一些新业务，如：

E-mail

FAX SQP

EDI

Videotex

这些在后续章节中将详细介绍。

第三节 分组交换网的通信协议及网间互连

为了正常工作，任何部门都需要有规章制度，为了能在分组交换网上快速、有效、可靠地通信，更需要有一整套的规章约定，这就是通信协议。

一、分组交换网的通信协议

1. 基本概念及 OSI 参考模型

计算机之间的通信有如下两类规约：

(1) 通信协议

通信协议是同等功能层间的通信规约，即为完成该功能层的特定功能双方必须遵守的规定。

(2) 接口

接口是同一设备不同功能层之间的通信规约，它规定了两层之间的接口关系及利用下层功能提供给上层的服务。

(3) 开放系统互连的参考模型

为了便于计算机之间的互通，1977 年国际标准化组织提出了开放系统互连基本参考模式（OSI-RM），若某个系统在与其它系统通信中遵守 OSI 标准，则称之为开放系统。

OSI-RM 把计算机网络在功能上分为 7 个层次，每一层都有其特定的功能，且上一层可以利用下一层的功能提供服务，直至最高层。功能的分层有利于当某一层的功能变化时，不至于导致整个系统随之变化，有利于系统的标准化工作的进展，灵活性好、易于实

现和维护。参考模型的 7 层分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层。

2. X 系列建议

(1) X 系列建议概述

为了公用数据网的计算机进行通信及远程终端的接入，CCITT 制定了 X 系列建议，其名称与主要内容如下：

(2) X.25 建议

X.25 建议为公用数据网上以分组方式工作的终端规定了 DTE 与 DCE 间的接口，把 DTE 定义的信号转换成适合在传输线路上传输的信号，但从 X.25 角度看，DCE 是与 DTE 连接的入口节点。

X.25 建议的规程包括数据传输通路的建立、保持和释放，数据传输的差错控制和流量控制，防止网络发生阻塞等。对于 NPT，则用 PAD 转换成 X.25 接口规程。

X.25 规定了 3 个独立的级别，即物理级、链路级、分组级，这与 DSI 的物理层、链路层、网络层基本保持了一致。

(3) 接口协议

为使网络能连接各类终端、主机及其他通信网，网络必须能够支持比较齐全的终端协议与网间协议，分组交换网所涉及的主要接口协议如图 14.7 所示。

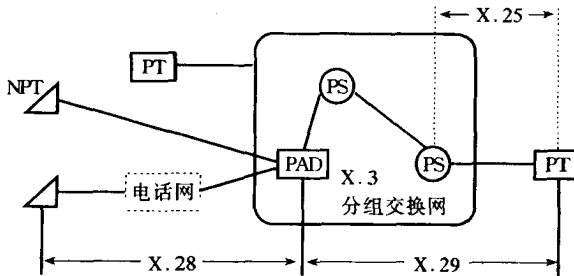


图 14.7 分组交换网涉及的主要接口协议

表 14.1 为 X 系列建议的主要内容。

表 14.1 X 系列建议

编号	主要内容
X.3	公用数据通信网内分组装拆 (PAD) 功能
X.20	公用数据通信起止或传输业务用的 DTE 与 DCE 间的接口
X.20 bis	公用数据网内可与 V.21 兼容的起止或 DTE 与 DCE 间的接口
X.21	公用数据网内同步 DTE 与 DCE 之间的接口
X.21 bis	为与同步或 V 系列调制解调器接口设计的 DTE 在公用数据网内的应用规程
X.24	公用数据网上 DTE-DCE 间的接口电路定义表
X.25	报文分组型公用数据网的 DTE-DCE 接口
X.26	在数据通信领域内通常与集成电路设备一起使用的不平衡双流交换电路的电特性
X.27	在数据通信领域内通常与集成电路设备一起使用的平衡双流交换电路的电特性
X.28	公用数据网中, 对于存取报文分组的 PAD 的起止或 DTE-DCE 接口
X.29	PT 与 PAD 间的控制信息和用户数据的交换规程
X.75	在分组交换的公用数据网内的国际电路上用于传递数据的终端和转接呼叫的控制规程

二、网间互连

随着网络的急剧增加, 功能不断增强, 终端用户常常需要访问一个以上的网络, 如 A 网用户需要访问 B 网上的数据库, 这时, 就要求 A 网和 B 网能够互连, 这就是网间互连。

1. 公用分组网间互连

两个符合 X.25 的公用分组网的互连按照 CCITT 的 X.75 建议执行，如图 14.8 所示，X.75 是分组网间互连信令规程，它规定了两个信令终接设备（STE）之间的接口规程，虽然两个分组网都是符合 X.25 建议标准的，但各自网内的服务、协议参数不同，在互连时必须先进行转换沟通。STE 就是完成这些信令转换的接口设备，根据对方网送来的控制信息做出相应的反应，如虚电路的建立、接续等。STE 实际上就是具有网间接口功能的 PS。

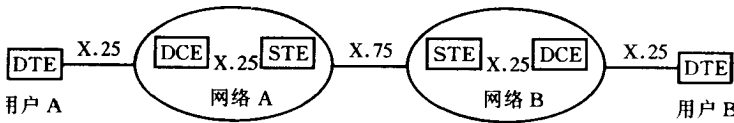


图 14.8 公用分组网网间互连示意

如果两个网络没有统一的接口，网间互连可以采用 IP 协议（网间互连协议）进行。使用 IP 简化了不同接口协议网络间的互连设计。

2. 公用分组网与电话网的互连

分组网的覆盖远没有电话网那样普及，处于经济和方便的考虑，数据终端经电话网接入分组网是一条捷径。

由于电话网和分组网的编号方案不同、网内控制信令不同，故两网互连时要进行地址和信令转换、验证 DTE 身分号码（UNT）和完成计费功能，异步终端（C-DTE）经电话网（PSTN）接入公用数据网（PSPDN）的连接如图 14.9 所示。

主叫 DTE 呼叫分组网时，先呼叫 Modem 的电话号码，在得到响应后输入 UNT 和被叫 DTE 号码，经分组网验证和被叫 DTE 接收后，呼叫建立才完成。在传输线路是模拟线路时，Modem 即是 DCE；当传输线路是数字线路时，DCE 是数据服务单元（DSU）。

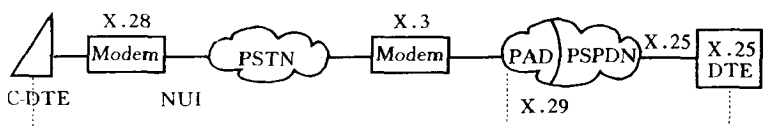


图 14.9 公用分组网与电话网的互连

分组终端经电话网接入分组网，其过程类似，只是按 CCITT 的 X.32 建议标准进行网连，如图 14.10 所示。

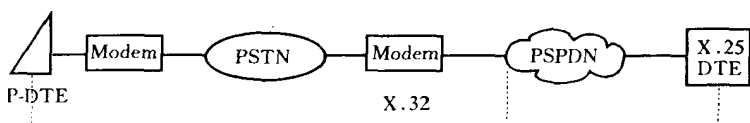


图 14.10 分组终端经电话网接入分组网

局域网与 X.25 相连如图 14.11 所示。

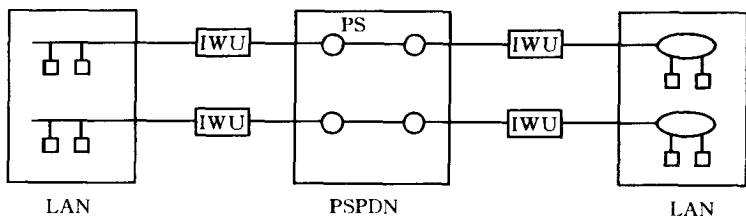


图 14.11 LAN 与 X.25 网连

(1) 局域网特点

- 局域网通信距离在 1~2 km 左右，工作站在通信时独占传输容量；
- 通过“媒体接入协议 (MAC)”的争用或令牌等方式，解决工作站的通信权问题；

- LAN 内采用广播发送、无路由选择等；
- 网络结构简单，无网络层协议和虚电话业务；
- 网内数据长度可变，各帧是独立报文，长度为 70~1 500 字节。

(2) 与局域网互连

由于帧格式寻址方式、通信协议不同，当 X.25 与 LAN 互连时，首先要用网络用户标识（UNZ）实现地址映射，沟通虚电路，所有的功能转换都由网间互通接口单元来实现。

寻址方式

X.25 网的主 / 被叫用户端地址按 CCITT 的 X.121 建议规定，由 14 位十进制数组成，这对 X.25 本身已足够，但当与大量 LAN 互通时就远远不够。为此，1988 年 CCITT 对 X.25 做了补充：把被叫地址扩充为 20 个八位组，在呼叫建立和消除分组中增加了选用的补充地址，以满足 X.25 与 LAN 互连之用。

路由选择

LAN 工作于无连接方式，数据丢失后无能力恢复，故当 LAN 与 X.25 网连接时，只能按照 X.25 网络层的“面向连接”的虚电路服务才能实现端到端的连接功能，因此，要在局域网的逻辑链路层上增添一个面向连接的功能子层，这一功能由网间连接单元（IWU 来完成。

第四节 分组交换网的发展

一、分组交换的发展历史

电话历经一个多世纪，交换机几次换代，仍是以电路交换为主导。随着计算机技术与通信技术的结合，数据通信促使分组交换应运而生。

本世纪 60 年代初，美国 RAND 公司提出了分组交换的概念。

1966年6月，英国国家物理实验室（NPL）的 D.Davles 提出了“分组”这一名词。

1969年12月美国国防部远景规划局（DARPA）委托 BBN 公司开发的分组交换计算机网 ARPANET 接入运行。

1973年美国研制世界上第一个商用分组交换网 TelNet，并于1975年正式开放业务。

此后的几年，世界各国相继开始研究、开发分组交换网。

二、我国公用分组交换网的发展状况

我国第一个试验网（CNPAC）是1989年11月开放业务的。1994年2月新的分组交换网（CHINAPAC）正式投入使用。

1. 网络结构

CHINAPAC 由31个省市中心城市的32个节点机组成，其中北京、上海、沈阳、武汉、成都、西安、广州、南京等8个城市为汇接中心，汇接中心采用完全网状结构，全网采用不完全的网状结构，网内每个交换中心都有2个或2个以上汇接方向不同的高速中继电路，北京为国际出入口局，上海为辅助国际出入口局，广州为港、澳出入口局。

2. 网络功能

汇接中心节点机的吞吐量为6000分组/秒，其余节点机的吞吐量为3000分组/秒，全网总计可向客户提供5800个专线接口，2000个电话拨号接入骨干网，中继电路采用PCM数字电路。

用户速率：1.2 kbit/s，2.4 kbit/s，4.8 kbit/s，9.6 kbit/s，
64 kbit/s；

国际出入口速率：9.6 kbit/s，64 kbit/s；

支持的规程：X.25，X.31，X.32，X.75，X.3，X.28，
X.29，IBMSNA，SDLC。

能够与专用分组网、PSTN、N-ISDN互连。

3. 业务功能

支持规程中所提供的基本业务（SVC 和 PVC）和所有客户任选业务。此外还可向客户提供广播功能，LAN，FR，IBM/SNA 网络环境，令牌环局域网智能桥，异步轮询接口（API），且开放了 E-mail，EDI，Videotex，FAX 等增值业务。

三、国外分组交换网的业务发展经验

国外几个大的分组交换网在开办网上业务的过程中已积累了许多成功的经验和独特的方法，这对如何开展 CHINAPAC 业务有一定的参考价值。

1. 注重市场调查，根据实际出发发展业务

各国在推广分组网业务时，无一不是做了大量深入细致地调研工作，包括市场调查、科研试验等，并深入用户，了解客户的需求、对新业务的接受程度、业务提供者的困难、风险，这样既掌握了情况又宣传了业务。

根据实际情况集中力量抓一二项业务，从而带动其他业务的发展。法国在发展 Transpac 时以 Videotex 为突破口。

2. 积极开展宣传工作是发展分组网上业务的重要一环

新业务往往需要一个较长的认识过程，这里的广泛宣传很重要，如法国在推广 Videotex 之初，既利用新闻媒体，又利用自己的运营部门和自己的业务（电子查号的广告）、出版业务手册等进行全方位宣传，从而对 Videotex 乃至分组网上的其他业务都起到了很好的促进作用。

3. 合理的资费政策

在保证良好通信质量的前提下，提供低廉的终端设备和合理的资费政策是业务发展的有利保证。

Sprintnet 的资费制定原则是：

- 满足财政需要；
- 提高网络的有效利用率；

- 满足扩大生产和更新设备的需要。

为鼓励客户，France Telecom全力推出价格低廉的 Videotex 用户终端 Minitel，甚至一段时间内供用户免费使用，这一政策使得业务发展迅速。

4. 良好的安全性和可靠性

网络设计时，骨干节点间至少有两条独立的传输线路，故障时可自动选路，网管系统 24 小时实时监控。

Infone 规定：因线路问题而使客户业务损失，视情况予以赔偿或允许用户免费使用业务一段时间。

5. 电信部门与业务提供者互相合作

新业务层出不穷，通信的内涵不断扩大，业务的发展扩大不是电信部门一家所能负担的，欧美国家都视信息质量网络连接等情况与业务提供者按一定比例分享利润，这样大家利益一致，行动统一，各自发挥优势，业务越搞越好。

四、CHINAPAC 的运营策略

网络的价值在于用户的大量使用，如何发展分组网业务应从以下几个方面着手：

1. 加强管理、理顺关系、充实人员、提高素质

完善组织机构，协调好各局之间、局内各部门之间的关系。加强分组交换业务的管理人员、经营人员的业务培训、技术培训，真正建立一支建设、维护、经营、销售一体化的数据通信骨干队伍，更好地为客户服务。

2. 全方位宣传

利用电信部门的优势，主动去访问客户，为客户解决组网、连网的技术问题。

3. 大力发展网上资源

网上信息资源的建设涉及内容多，利益广，电信部门应互利互惠，与业务提供者收入分成，共同搞好网上资源。数据库丰富是客