

第3章 分组交换

3.1 分组交换和分组交换网

分组交换技术的研究是从 20 世纪 60 年代开始的，当时，电路交换技术已经得到了极大的发展。电路交换技术适合于话音通信，但随着计算机技术的发展，人们越来越多地希望多个计算机之间能够进行资源共享，即进行数据业务的交换。进行数据通信时，电路交换技术的缺点越来越明显：固定占用带宽、线路利用率低、通信的双方终端必须以相同的数据率进行发送和接收等。所有这些都表明电路交换不适合进行数据通信。因此从 20 世纪 60 年代末 70 年代初开始，人们致力于研究一种新形式的、适合进行远距离数据通信的技术——分组交换。

分组交换的基本思想是把用户要传送的信息分成若干个小的数据块，即分组（Packet），这些分组长度较短，并具有统一的格式，每个分组有一个分组头，包含用于控制和选路的有关信息。这些分组以“存储-转发”的方式在网内传输，即每个交换节点首先对收到的分组进行暂时存储，检测分组传输中有无差错，分析该分组头中有关选路的信息，进行路由选择，并在选择的路由上进行排队，等到有空闲信道时再转发给下一个交换节点或用户终端。因此，它比电路交换的利用率高，比报文交换的时延要小，且具有实时通信的能力。分组交换利用统计时分复用原理，将一条数据链路复用成多个逻辑信道，最终构成一条主叫、被叫用户之间的信息传送通路，称之为虚电路（VC）来实现数据的分组传送。

3.1.1 分组交换的特点

分组交换的设计是为了进行数据通信，设计思路与电路交换截然不同。分组交换的技术特点可归纳如下：

（1）动态统计时分复用。为了适应数据业务突发性强的特点，分组交换在线路上采用了动态统计时分复用的技术传送各个分组，每个分组都有控制信息，使多个终端可以同时按需要进行资源共享，因此提高了传输路线（包括用户线和中继线）的利用率。

（2）存储转发。在数据通信中，通信双方往往是异种终端。为了适应这种特点，分组交换中采用了存储转发方式，因此不必像电路交换那样，通信双方的终端必须具有同样的速率和控制规程，从而可以实现不同类型的数据终端设备（不同的传输速率、不同的代码、不同的通信控制规程等）之间的通信。

（3）差错控制和流量控制。数据业务的可靠性要求较高，因此分组交换在网络内中继

线和用户线上传输时采用了逐段独立的差错控制和流量控制,使得网内全程的误码率可达 10^{-11} 以下,提高了传送质量,可以满足数据业务的可靠性要求。

3.1.2 虚电路与数据报

在分组交换网中,来自各个用户的用户数据被分成一个个分组,这些分组将从源点出发,沿着各自的逻辑信道,经过网络到达终点。分组在通过数据网时有两种方式,虚电路(Virtual Circuit, VC)方式和数据报(Datagram, DG)方式,两种方式各有特点,可以适应不同业务的需求。

1. 虚电路方式

所谓虚电路方式,就是指两终端用户在相互传送数据之前要通过网络建立一条端到端的逻辑上的虚连接,称为虚电路。一旦这种虚电路建立以后,属于同一呼叫的数据就会沿着这一虚电路传送,当用户不再发送和接收数据时,清除该虚电路。在这种方式中,用户的通信需要经历连接建立、数据传输、连接拆除三个阶段,也就是说,它是面向连接的方式。

需要强调的是,分组交换中的虚电路和电路交换中建立的电路不同,在分组交换中,以统计时分复用的方式在一条物理线路上可以同时建立多个虚电路,两个用户终端之间建立的是虚连接,而电路交换中,是以同步时分方式进行复用的,两用户终端之间建立的是实连接。在电路交换中,多个用户终端的信息在固定的时间段内向所复用的物理线路上发送信息,即使某个时间段某终端无信息发送,其他终端也不能在分配给该用户终端的时间段内向线路上发送信息。而虚电路方式则不然,每个终端发送信息没有固定的时间,它们的分组在节点机内部的相应端口进行排队,当某终端暂时无信息发送时,线路的全部带宽资源可以由其他用户共享。换句话说,建立实连接时,不但确定了信息所走的路径,同时还为信息的传送预留了带宽资源;而在建立虚电路时,仅仅是确定了信息所走的端到端的路径,但并不一定要求预留带宽资源。我们之所以称这种连接为虚电路,正是因为每个连接只有在发送数据时才排队竞争占用带宽资源。

如图 3-1 所示,网中已建立了两条虚电路,VC1: A→1→2→3→B, VC2: C→1→2→4→5→D。所有 A→B 的分组均沿着 VC1 从 A 到 B,所有 C→D 的分组均沿着 VC2 从 C 到达 D,在 1 和 2 之间的物理链路上,VC1、VC2 共享资源。若 VC1 暂时无数据可送,则网络将所有的传送能力和交换机的处理能力交给 VC2,此时 VC1 并不占用带宽资源。

虚电路的特点如下:

(1) 虚电路的路由选择仅仅发生在虚电路建立的时候,在以后的传送过程中,路由不再改变,这可以减少节点不必要的通信处理。

(2) 由于所有分组遵循同一路由,这些分组将以原有的顺序到达目的地,终端不需要进行重新排序,因此分组的传输时延较小。

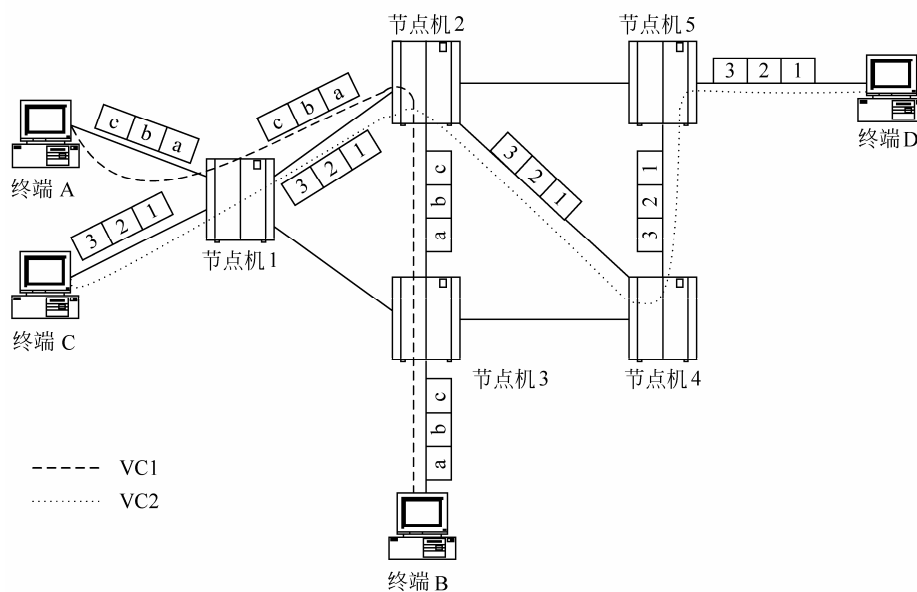


图 3-1 虚电路示意图

(3) 一旦建立了虚电路，每个分组头中不再需要有详细的目的地地址，而只需要逻辑信道号就可以区分每个呼叫的信息，这可以减少每一分组的额外开销。

(4) 虚电路是由多段逻辑信道构成的，每一个虚电路在它经过的每段物理链路上都有一个逻辑信道号，这些逻辑信道级联构成了端到端的虚电路。

(5) 虚电路的缺点是当网络中线路或者设备发生故障时，可能导致虚电路中断，必须重新建立连接。

(6) 虚电路适用于一次建立后长时间传送数据的场合，其持续时间应显著大于呼叫建立时间，如文件传送、传真业务等。

虚电路分为两种：交换虚电路(Switching Virtual Circuit, SVC)和永久虚电路(Permanent Virtual Circuit, PVC)。交换虚电路(SVC)是指在每次呼叫时用户通过发送呼叫请求分组来临时建立虚电路的方式。如果应用户预约，由网络运营者为之建立固定的虚电路，就不需要在呼叫时再临时建立虚电路，而可以直接进入数据传送阶段，称为PVC。这种情况一般用于业务量较大的集团用户。

2. 数据报方式

在数据报方式中，交换节点将每一个分组独立地进行处理，每一个数据分组中都含有终点地址信息，当分组到达节点后，节点根据分组中包含的终点地址为每一个分组独立地寻找路由，因此同一用户的不同分组可能沿着不同的路径到达终点，在网络的终点需要重新排队，组合成原来的用户数据信息。

如图 3-2 所示, 终端 A 有三个分组 a, b, c 要送给 B, 在网络中, 分组 a 通过节点 2 进行转接到达节点 3, b 通过 1、3 之间的直达路由到达节点 3, c 通过节点 4 进行转接到达节点 3, 由于每条路由上的业务情况 (如负荷量、时延等) 不尽相同, 三个分组的到达不一定按照顺序, 因此节点 3 才要将它们重新排序, 再送给 B。

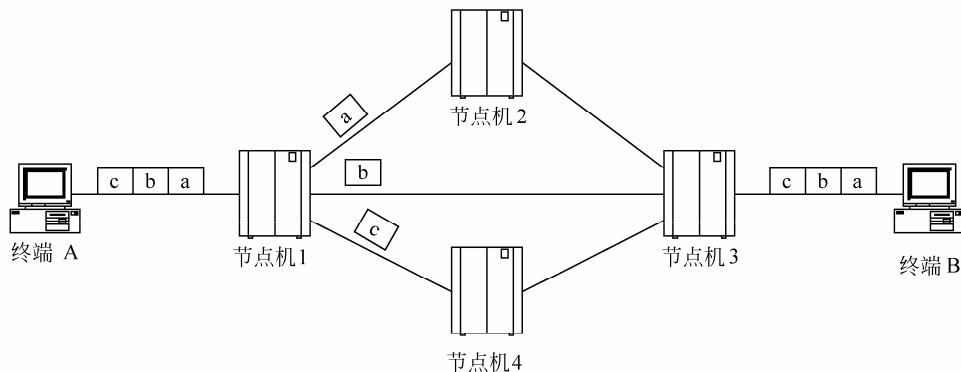


图 3-2 数据报方式示意图

数据报的特点如下:

(1) 用户的通信不需要建立连接和清除连接的过程, 可以直接传送每个分组, 因此对于短报文通信效率比较高。

(2) 每个节点可以自由地选路, 可以避开网中的拥塞部分, 因此网络的健壮性较好。对于分组的传送比虚电路更为可靠, 如果一个节点出现故障, 分组可以通过其他路由传送。

(3) 数据报方式的缺点是分组的到达不按顺序, 终点需重新排队; 并且每个分组的分组头要包含详细的目的地地址, 开销比较大。

数据报的适用场合是: 短报文的传送, 如询问/响应型业务等。

3.1.3 分组交换网

分组交换网的主要功能是转接、传送接入网络的各类计算机和终端的信息。利用分组交换网可以开通多种新业务, 如电子信箱、电子数据互换、可视图文、智能用户电报、传真、数据库检索等业务。

1. 分组交换网的构成

分组交换网的基本组成如图 3-3 所示, 它由分组交换机 (PS)、分组集中器 (PCE)、网络管理中心 (NMC)、终端和数据传输设备及相关协议组成。

2. 分组交换网的特点

分组网具有以下特点:

(1) 分组交换具有多逻辑信道的能力, 故中继线的电路利用率高;

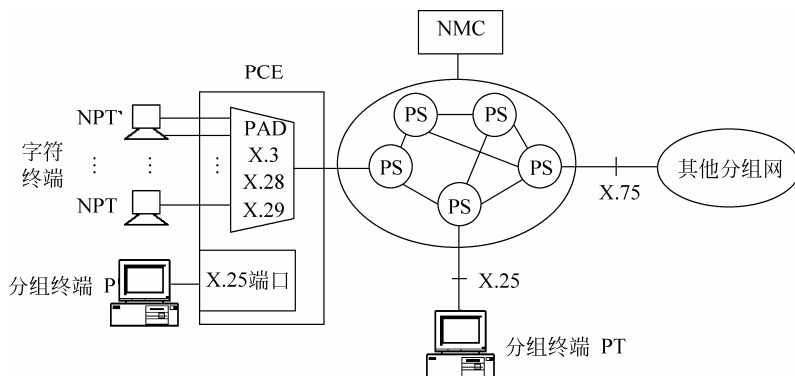


图 3-3 分组交换网的组成

- (2) 可实现分组交换网上的不同码型、速率和规程之间的终端互通；
- (3) 由于分组交换具有差错检测和纠正的能力，故电路传送的误码率极小；
- (4) 分组交换的网络管理功能强；
- (5) 传输质量高；
- (6) 可靠性高具有动态路迂回功能，网络发生故障时，只要还有一条通信路由，交换机就可选择无故障的路由传输分组；
- (7) 线路利用率高，通信网络资源采用统计时分复用；
- (8) 可以进行速率、码型、规程的转换，允许不同类型、不同速率、不同编码格式和不同通信规程的终端之间互相通信，可采用流量控制措施。

3.2 ChinaPAC 网

ChinaPAC 网即中国公用分组交换数据网，给用户提提供分组交换业务。ChinaPAC 网络目前已覆盖全国所有县以上城市及部分发达的乡镇，用户可以就近以专线方式或电话拨号方式入网。ChinaPAC 已为中国外汇交易中心计算机网络、交通银行管理信息系统、中国人民银行证券磁卡网络等提供了分组交换网络平台。

3.2.1 ChinaPAC 网的结构

ChinaPAC 网根据业务流量、流向、行政区域管理和运营管理等因素，可将全网分为三级，即国家骨干网、省级网和本地网。

1. 国家骨干网

我国国家骨干网采用加拿大北方电信的 DPN-100 设备，由设置在各省、自治区和直辖市的 32 个骨干网节点组成，根据业务的分布、流量、流向等因素，选定北京、上海、沈阳、

武汉、成都、西安、广州、南京为骨干汇接节点。骨干汇接节点之间采用完全网状结构相连，其他骨干节点采用不完全网状结构相连。一般情况下，每个骨干节点应至少与两个其他骨干节点相连，其中至少与一个骨干汇接节点相连。另外，设北京、上海为国际出入口局，广州为港澳出入口局。

ChinaPAC 骨干网于 1993 年 9 月建成，网络采用集中式管理，网管中心设在北京的一个分组交换中心内。

国家骨干网节点负责其所属的省级网节点的业务汇接，以及转接骨干节点之间的业务。其中骨干汇接节点还负责汇接从属于它的各省的骨干节点的业务，骨干网节点一般不直接提供用户接入服务

ChinaPAC 骨干网可与法国、美国、日本、韩国、中国香港等国家和地区的公用分组网直接相连，并可通达近四十个国家和地区。

2. 省级网

省级网由设置在各省、自治区和直辖市内的省内节点组成，节点的数量和设置地点需根据网络结构和业务组织管理的需要来确定。在省内，也可以根据需要选定适当的节点作为省内汇接节点，各节点之间采用不完全网状结构，其他节点与省内汇接节点相连，每个省内节点应至少与两个其他节点相连，省内节点与骨干网节点之间的电路段一般不超过两个。省级网节点负责其所属的本地网节点的业务汇接，以及转接省内各节点之间的业务。在没有组建本地网的地方，省级网节点还负责用户的业务接入。

3. 本地网

在省内一些发达的城市和地区可以组建本地网。本地网由本地节点组成，负责所在区域的数据用户的业务接入，完成本地交换功能。

3.2.2 ChinaPAC 网的业务

ChinaPAC 网可以为用户提供基本业务、用户任选业务，以及一些新业务和基于该网络的增值业务。

1. 基本业务

基本业务指网络向所有用户提供的基本业务，其中有交换虚电路业务（SVC）和永久虚电业务（PVC）两种。

2. 任选用户业务

ChinaPAC 网除提供上述基本业务外，还可提供多种任选的用户业务，这些任选用户业务是执行基本业务操作时所附加的业务。它是根据用户要求提供的，不同用户可以选择不同的功能。任选的用户业务可包括出呼叫禁止、入呼叫禁止、闭合用户群、反向计费认可、呼叫转移等业务。

考试要点

- (1) 了解分组交换的基本思想。
- (2) 掌握电路与数据报交换方式的特点和区别。
- (3) 熟悉分组交换网的结构和特点。

练习题

一、单项选择题

1. 分组交换利用统计时分复用原理，将一条数据链路复用成多个（ ）信道，最终构成一条主叫、被叫用户之间的信息传送通路。
A. 逻辑 B. 物理 C. 传输 D. 交换
2. 为了适应数据业务突发性强的特点，分组交换在线路上采用了（ ）的技术传送各个分组。
A. 频分复用 B. 时分复用
C. 动态统计时分复用 D. 静态统计时分复用
3. 数据报方式是对由用户报文拆分的每一个数据（ ）进行独立处理。
A. 分组 B. 信元 C. 报文 D. 比特
4. （ ）是指每次呼叫时用户通过发送呼叫请求分组来临时建立的一种方式。
A. 数据报 B. 交换虚电路 C. 永久虚电路 D. 分组
5. 虚电路是有数据传送时才占用这条（ ）电路的。
A. 交换 B. 逻辑 C. 物理 D. 传输

二、多项选择题

1. 分组在通过数据网时有两种方式，即（ ）方式。
A. 虚电路 B. 交换 C. 数据报 D. 转发
2. ChinaPAC 网根据业务流量、流向、行政区域管理和运营管理等因素，可将全网分为三级，即（ ）。
A. 国际网 B. 国家骨干网 C. 省级网 D. 本地网
3. 虚电路分为两种：（ ）。
A. 数据报 B. 交换虚电路 C. 永久虚电路 D. 分组
4. 分组交换在网络内中继线和用户线上传输时采用了逐段独立的（ ）。
A. 差错控制 B. 流量控制 C. 纠错 D. 拥塞控制
5. ChinaPAC 网除提供基本业务外，还可提供多种任选的用户业务。任选的用户业务可包括出呼叫禁止、（ ）等业务。

A. 入呼叫禁止 B. 闭合用户群 C. 反向计费认可 D. 呼叫转移

三、判断题

1. 用户的通信需要经历连接建立、数据传输、连接拆除三个阶段，也就是说，它是面向连接的方式。()
2. 虚电路的缺点是分组的到达不按顺序，终点需重新排队。()
3. 在分组交换网中，来自各个用户的用户数据被分成一个个分组，这些分组将从源点出发，沿着各自的物理信道，经过网络到达终点。()
4. 分组交换在网络内中继线和用户线上传输时采用了逐段独立的纠错控制和流量控制，提高了传送质量。()
5. ChinaPAC 网基本业务指网络向所有用户提供的基本业务，其中有交换虚电路业务(SVC)和永久虚电业务(PVC)两种。()
6. 虚电路的通信需要经历连接建立、数据传输、连接拆除三个阶段。()

四、简答题

1. 分组交换的原理是什么？
2. 简述分组交换的特点。
3. 试简单比较虚电路和数据报。
4. 分组交换网有哪些特点？
5. 简单介绍交换虚电路(SVC)和永久虚电路(PVC)。
6. ChinaPAC 网的结构是怎样的？

参考答案

一、单项选择题

1. A 3. A 4. B 5. B

二、多项选择题

1. AC 2. BCD 3. BC 4. AB 5. ABCD

三、判断题

1. 对 2. 错 3. 错 4. 错 5. 对 6. 对

四、简答题

1. 分组交换的基本思想是把用户要传送的信息分成若干个小的数据块，即分组(Packet)，这些分组长度较短，并具有统一的格式，每个分组有一个分组头，包含用于控制和选路的有关信息。这些分组以“存储-转发”的方式在网内传输，即每个交换节点首先对收到的分组进行暂时存储，检测分组传输中是否有差错，分析该分组头中有关选路的信息，进行路由选择，并在选择的路由上进行排队，等到有空闲信道时再转发给下一个交换节点或用户终端。

2. 分组交换的设计是为了进行数据通信，设计思路与电路交换截然不同。分组交换的技术特点可归纳如下：

(1) 动态统计时分复用。为了适应数据业务突发性强的特点，分组交换在线路上采用了动态统计时分复用的技术传送各个分组，每个分组都有控制信息，使多个终端可以同时按需要进行资源共享，因此提高了传输路线（包括用户线和中继线）的利用率。

(2) 存储转发。在数据通信中，通信双方往往是异种终端。为了适应这种特点，分组交换中采用了存储转发方式，因此不必像电路交换那样，通信双方的终端必须具有同样的速率和控制规程，从而可以实现不同类型的数据终端设备（不同的传输速率、不同的代码、不同的通信控制规程等）之间的通信。

(3) 差错控制和流量控制。数据业务的可靠性要求较高，因此分组交换在网络内中继线和用户线上传输时采用了逐段独立的差错控制和流量控制，使得网内全程的误码率可达 10^{-11} 以下，提高了传送质量，可以满足数据业务的可靠性要求。

3. 所谓虚电路方式，就是指两终端用户在相互传送数据之前要通过网络建立一条端到端的逻辑上的虚连接，称为虚电路。一旦这种虚电路建立以后，属于同一呼叫的数据就会沿着这一虚电路传送，当用户不再发送和接收数据时，清除该虚电路。在这种方式中，用户的通信需要经历连接建立、数据传输、连接拆除三个阶段，也就是说，它是面向连接的方式。在数据报方式中，交换节点将每一个分组独立地进行处理，每一个数据分组中都含有终点地址信息，当分组到达节点后，节点根据分组中包含的终点地址为每一个分组独立地寻找路由，因此同一用户的不同分组可能沿着不同的路径到达终点，在网络的终点需要重新排队，组合成原来的用户数据信息。

4. (1) 分组交换具有多逻辑信道的能力，故中继线的电路利用率高；

(2) 可实现分组交换网上的不同码型、速率和规程之间的终端互通；

(3) 由于分组交换具有差错检测和纠正的能力，故电路传送的误码率极小；

(4) 分组交换的网络管理功能强；

(5) 传输质量高；

(6) 可靠性高具有动态路迂回功能，网络发生故障时，只要还有一条通信路由，交换机就可选择无故障的路由传输分组；

(7) 线路利用率高，通信网络资源采用统计时分复用；

(8) 可以进行速率、码型、规程的转换，允许不同类型、不同速率、不同编码格式和不同通信规程的终端之间互相通信，可采用流量控制措施。

5. 虚电路是指位于两台网络设备之间的连接，是由 OSI 网络层为发送和接收数据而建立的逻辑通信路径。具有虚电路性能的网络包括 X.25 连接、帧中继以及 ATM 网络。

虚电路分为两种：一种永久虚电路（PVC）；另一种为交换虚电路（SVC）。永久虚电路（PVC）：是指通信双方的电路在用户看来是永久连接的虚电路。PVC 由网管预先定义。PVC 适用于通过路由器维持恒定连接，从而便于在动态网络环境下传输路由选择信息

的电路。载波信号为各用户分配 PVC，从而降低网络开销并提高网络性能。

交换虚电路（SVC）：是指通信双方的电路在用户看来是由独立节点临时且动态连接的虚电路。一旦通信会话完成，便取消虚电路。

6. ChinaPAC 网根据业务流量、流向、行政区域管理和运营管理等因素，可将全网分为三级，即国家骨干网、省级网和本地网。

（1）国家骨干网。

国家骨干网采用加拿大北方电信的 DPN-100 设备，由设置在各省、自治区和直辖市的 32 个骨干网节点组成，根据业务的分布、流量、流向等因素，选定北京、上海、沈阳、武汉、成都、西安、广州、南京为骨干汇接节点。骨干汇接节点之间采用完全网状结构相连，其他骨干节点采用不完全网状结构相连。一般情况下，每个骨干节点应至少与两个其他骨干节点相连，其中至少与一个骨干汇接节点相连。另外，设北京、上海为国际出入口局，广州为港澳出入口局。国家骨干网节点负责其所属的省级网节点的业务汇接，以及转接骨干节点之间的业务。其中骨干汇接节点还负责汇接从属于它的各省的骨干节点的业务，骨干网节点一般不直接提供用户接入服务。

（2）省级网。

省级网由设置在各省、自治区和直辖市内的省内节点组成，节点的数量和设置地点需根据网络结构和业务组织管理的需要来确定。在省内，也可以根据需要选定适当的节点作为省内汇接节点，各节点之间采用不完全网状结构，其他节点与省内汇接节点相连，每个省内节点应至少与两个其他节点相连，省内节点与骨干网节点之间的电路段一般不超过两个。省级网节点负责其所属的本地网节点的业务汇接，以及转接省内各节点之间的业务。在没有组建本地网的地方，省级网节点还负责用户的业务接入。

（3）本地网。

在省内一些发达的城市和地区可以组建本地网。本地网由本地节点组成，负责所在区域的数据用户的业务接入，完成本地交换功能。