

第七章 数据通信

7.1 概述

7.1.1 数据通信与计算机通信

1、数据通信的概念:

指按照一定协议(或规程)完成由数字、字母、符号等表示的具有离散形式信息的传输与交换的一种通信方式。

数据通信是继电报、电话通信之后发展起来的一种新的通信形式,并随着信息处理技术的发展而迅速发展,是计算机与通信技术紧密结合的产物。

2、协议:

为了有效和可靠地进行通信而制定的通信双方必须共同遵守的一组规则,包括相互交换信息的格式、含义以及过程间的连接和信息交换的节拍等。

3、计算机通信:

指计算机与计算机之间或计算机与终端设备之间为共享硬件、软件和数据资源而协同工作, 以实现数据信息传递的通信方式。

4、计算机通信与数据通信的区别:

- 数据通信重点研究数据信息的可靠和有效传输与交换。
- 计算机通信主要目的是为了实现在资源共享。
- 数据通信是计算机通信的基础, 数据通信网可看成是计算机网络的一个组成部分, 称通信子网。

7. 1. 2 计算机网络的组成

1、计算机网络的概念

通常, 将凡是在不同地理位置的具有独立功能的计算机、终端及其附属设备用通信设备和通信线路相互连接起来, 再配以相应的网络软件, 以实现计算机资源

共享的系统称为计算机网络系统。

2、计算机网络的构成要素

- 1、网络应用系统
- 2、网络通信系统
- 3、网络操作系统

3、计算机网络的特点

根据计算机网络的定义、基本构成要素以及计算机通信的内涵，计算机网络的主要特点概括如下：

- 1、**共享性** 计算机网络以硬件、软件、数据等资源的共享为目的。
- 2、**可分性** 计算机网络在逻辑上通常分为资源子网和通信子网。
- 3、**协同性** 计算机网络必须按照严格的网络协议才能和谐地工作。
- 4、**可靠性** 计算机网络对信息传输的准确性和可靠性要求高。
- 5、**开放性** 计算机网络对遵守同一网络协议的终端具有良好的开放性。

7.1.3 数据传输技术

1、数据传输概述

(1) 数据与信号的关系:

在通信系统中,数据信息利用电信号传输和交换。信号是数据的表示形式,或称数据的电磁或电子编码,它能使数据以适当的形式在介质中传输。

(2) 数据通信系统组成:

数据终端设备(简称数据终端)、数据传输设备和数据交换设备。

■ 数据终端设备(简称 DTE):

用于发送和接收数据信号,它可以是计算机、智能仪表或其他附属设备;

■ 数据传输设备:

包括调制解调器、传输线路和复用器、集中器等。

- 调制解调器: 在数据终端和信道之间将数据信息变换成适合信道传输的设备。
- 传输线路: 可以是无线电、有线电线路或光缆等。

- 复用器或集中器：它们都是使若干个数据用户共用一条传输线路的设备。
但在复用器中的每一个用户均有其各自的传输信道；
集中器只在用户需要发送数据时才分配给一定的传输信道。

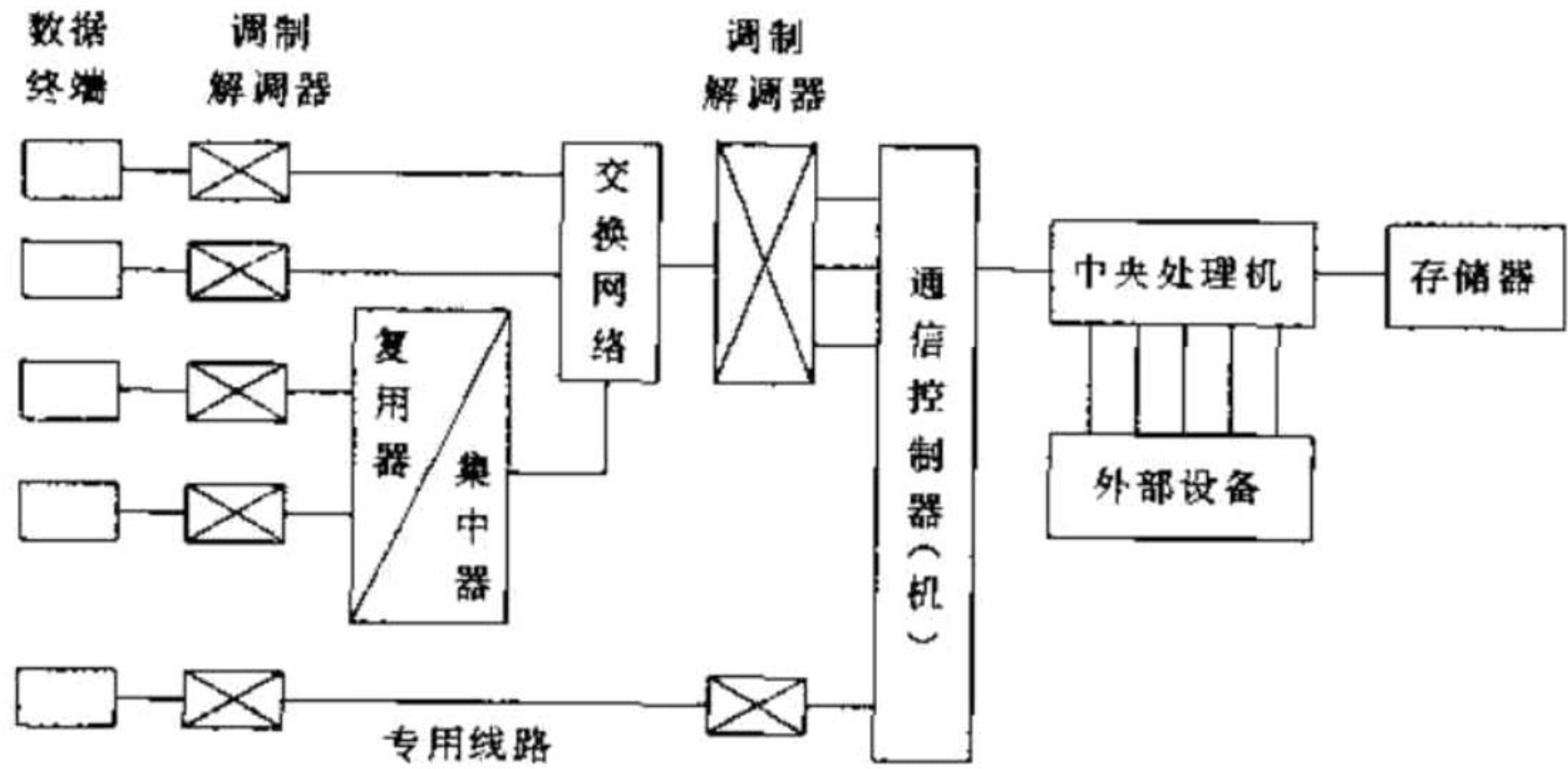


图 7-1 数据通信系统组成示意图

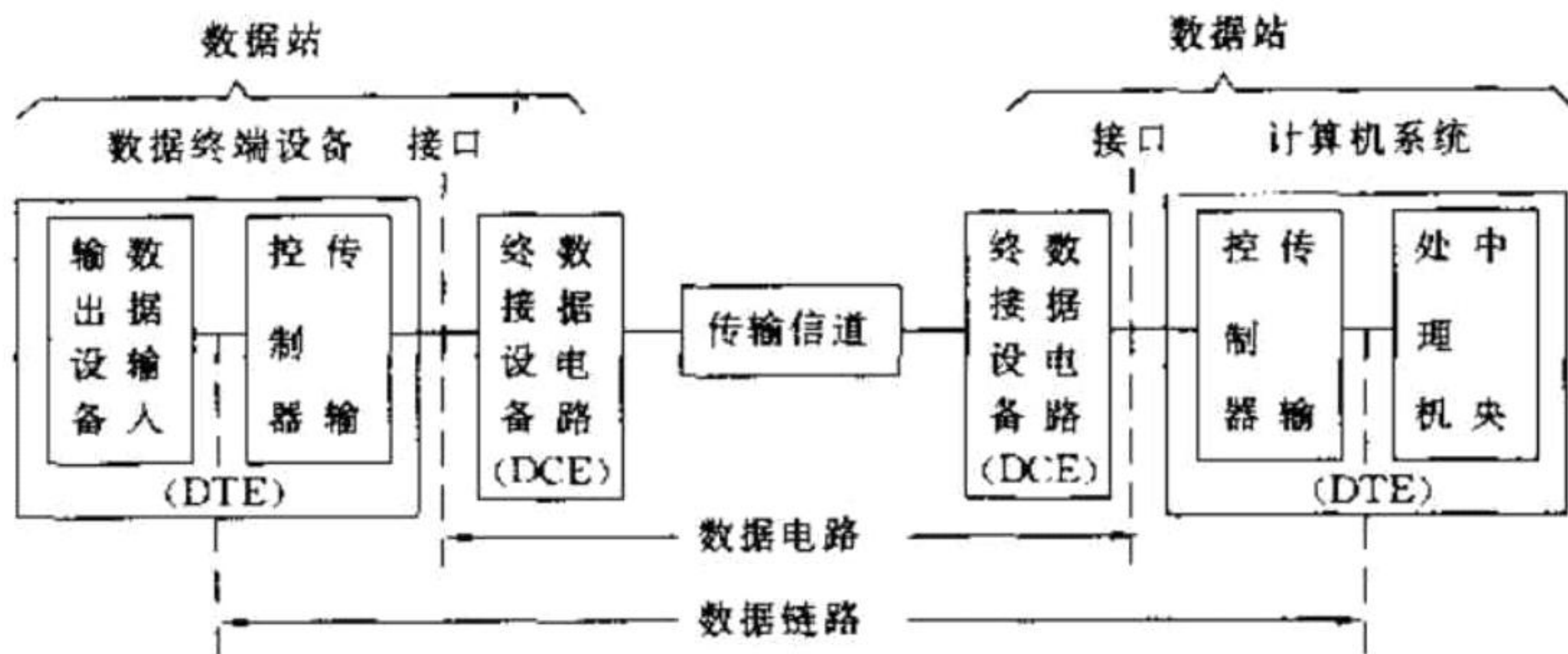


图 7-2 数据通信系统的基本构成方框图

2、数据编码技术

数据编码：将数据表示成适当的信号形式，以便于数据的传输和处理。

在数据传输系统中，主要采用数字数据的模拟信号编码、数字数据的数字信号编码和模拟数据的数字信号编码(如数字语音通信中的 PCM 编码)这 3 种方式。

(1) 数字数据的模拟信号编码

为了实现(数字)数据在现有的规模最大的模拟电话网上传输,除了一般的通信设备外,数据的发送端还需要借助于调制器(Modulator)将输入的数据信号变换为适合在模拟信道传输的模拟信号,在接收端再利用解调器(Demodulator)进行反变换,将模拟信号还原为(数字)数据。

这种将数据信号变换为模拟信号的过程就是数字数据的模拟信号编码,一般也称其为调制。

(2) 数字数据的数字信号编码

常用的数字信号编码方式

- 1) 单极性不归零码
- 2) 曼彻斯特编码
- 3) 差分曼彻斯特编码

3、多路复用技术

- 。利用同一传输介质同时传递多路信号的技术称为多路复用(Multiplexing)技术。
- 。信道多路复用的理论基础是信号分割原理。
- 。信号分割是根据信号在其频率参量、时间参量、码型结构上与其他信号之间的差别进行的。
- 。信道多路复用技术包括复合、传输、分离等 3 个过程，其中各路信号的正交化设计和正交分离是实现多路复用的关键。

常用多路复用技术

(1) 频分多路复用(FDM):

把系统传输介质的通频带资源分成多个子频带，分别分配给用户形成数据传输子通路，

每个用户终端的数据通过专门分配给它的子通路传输。

- ◆ 当该用户没有数据传输时，别的用户不能使用，此通路保持空闲状态。
- ◆ 频分复用适用于传输模拟信号的频分制信道，主要用于电话和有线电视系统，在

数据通信系统中应与调制解调技术结合使用。

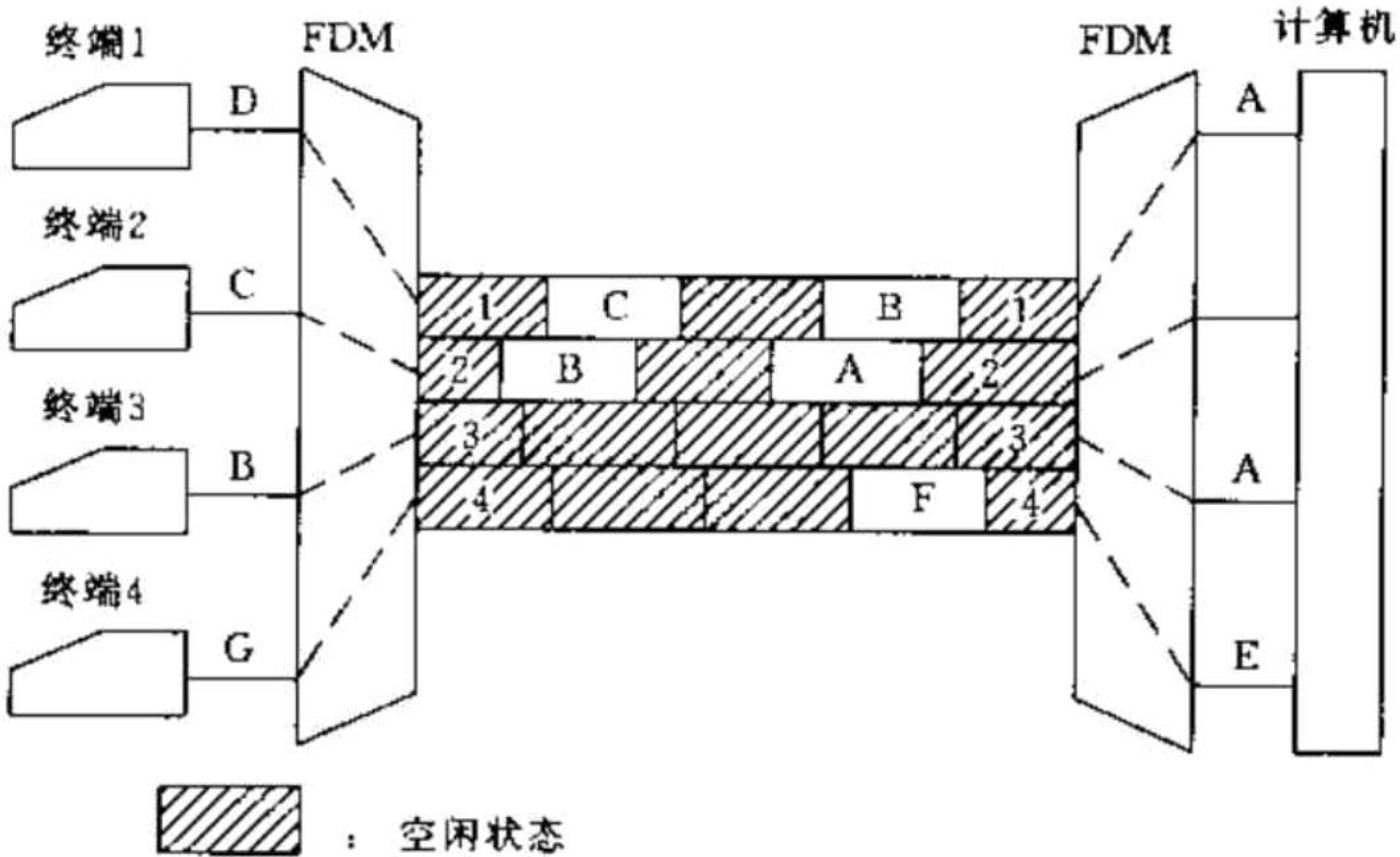


图 7-5 频分多路复用示意图

(2) 时分多路复用(TDM):

把系统传输介质传输的时间轮流分配给每个用户,每个用户只有在分配的时间里(该时间段又称为时隙)向信道发送信息和接收信息。

当在分配的时间内用户没有信息要传输时,这段时间不能由其他用户使用,而保持为空闲状态。

- ◆ 由于时分复用是按时隙发送信息和接收信息。因此收、发两端的时分多路复用器应保持严格的同步。

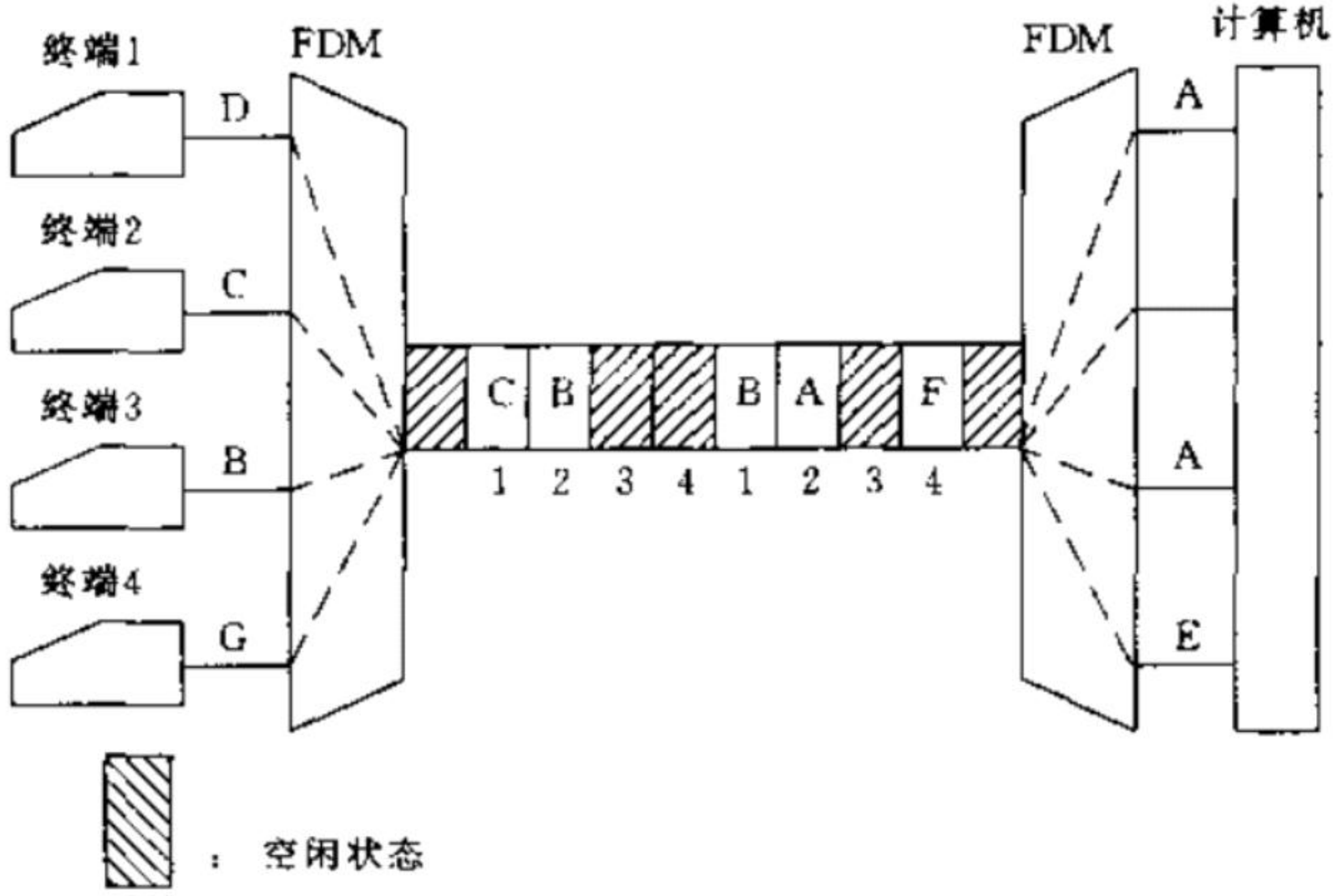


图 7-6 时分多路复用示意图

(3) 统计时分多路复用 (STDM):

当用户有数据要传输时才给他分配线路资源, 当用户暂停发送数据时, 不给他分配线路资源, 线路的传输能力可用于为其他用户传的更多的数据。

每个用户的数据传输速率可以高达线路总的传输能力。

特点:

- ◆ 克服了预分配资源方式的缺点, 提高资源利用率。
- ◆ 接口处要增加缓冲存储和信息流控制两个功能, 用于解决各个用户争用线路资源时产生的冲突。
- ◆ 使用“标记”分开用户数据, 一定程度上增加了传输负荷。

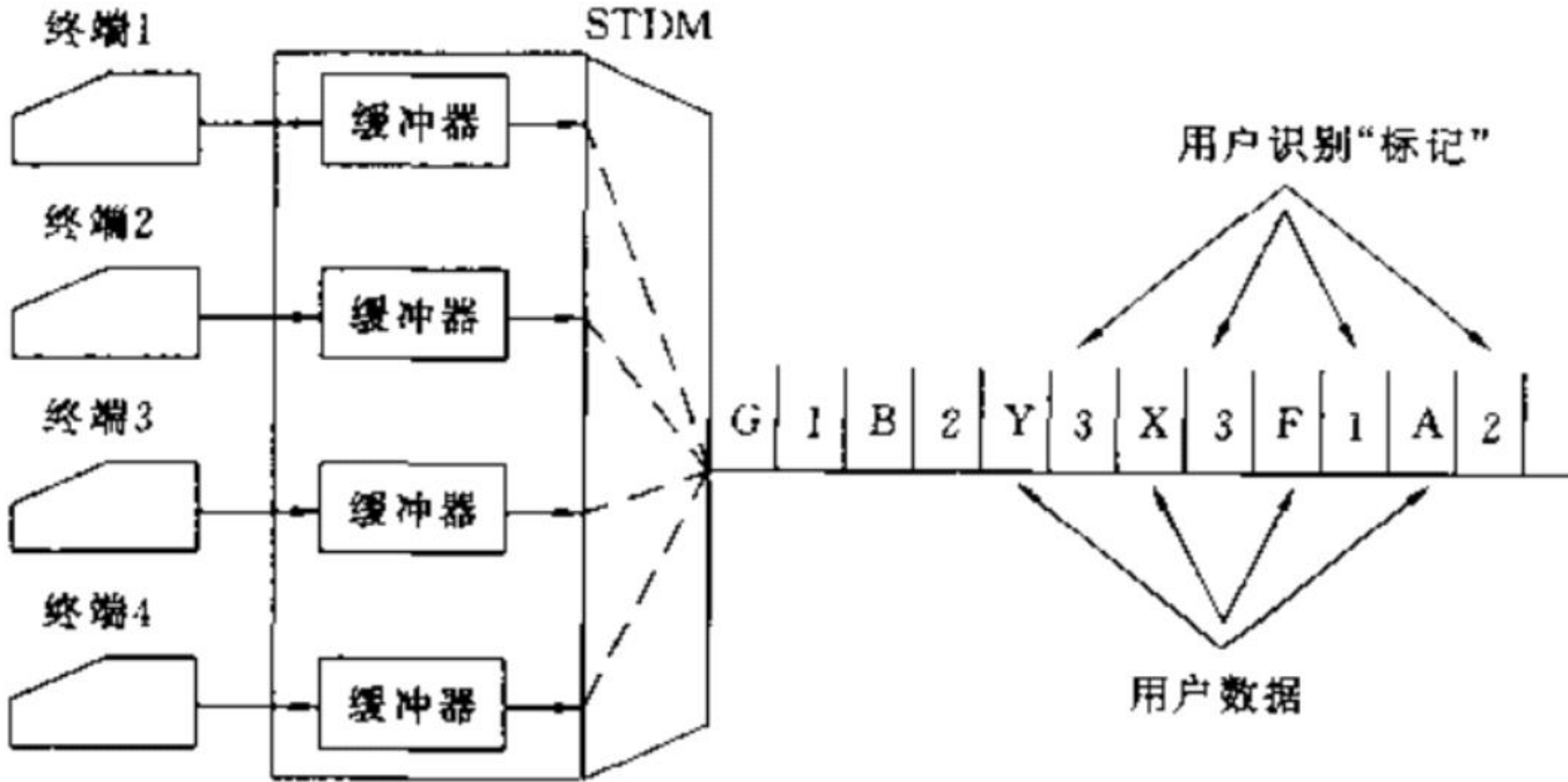


图 7-7 统计时分多路复用示意图

4、同步技术

同步分类：为载波同步、位(码元)同步、群同步和网同步。

(1) 位同步：

为实现数据信号的接收，要求准确知道每个码元的起止时刻，以便接收端在每一个接收码元信号的最佳抽样点进行抽样判决。

这种使接收端判决脉冲的速率与发送码率相等的过程称为位同步。

(2) 载波同步：

在数据信号的频带传输系统中，为了对收到的已调信号采用相干解调，除了位同步外，还要求在接收端提供一个与信号载波同频同相的参考载波，即载波同步。

(3) 群同步(包括组同步、帧同步或信息包同步等)：

载波同步、位同步是接收码元需要的。

为了传的整个数据报文，通常要将报文分成数据帧或信息包，因此接收端除了实现载波同步、码元同步外，为了识别接收到的一串码元序列所含的实际内容，还需要

知道数据帧或信息包的开始和终止时刻，即群同步。

(4) 网同步：

现代电信系统是由众多用户相互连接而构成的一个庞大通信网。

因此，为了保证通信网内各用户之间的可靠通信，必须在网内建立统一的时钟标准，即网同步。

5、差错控制技术

(1) 衡量数据通信系统错误程度的指标：误码率、误帧率

(2) 不同业务对误码性能的要求：

- 数字话音通信的误码率为 10^{-3} 至 10^{-4} ，
- 数据通信要求误码率低于 10^{-8} 。

(3) 主要差错控制技术：ARQ、FEC、HEC

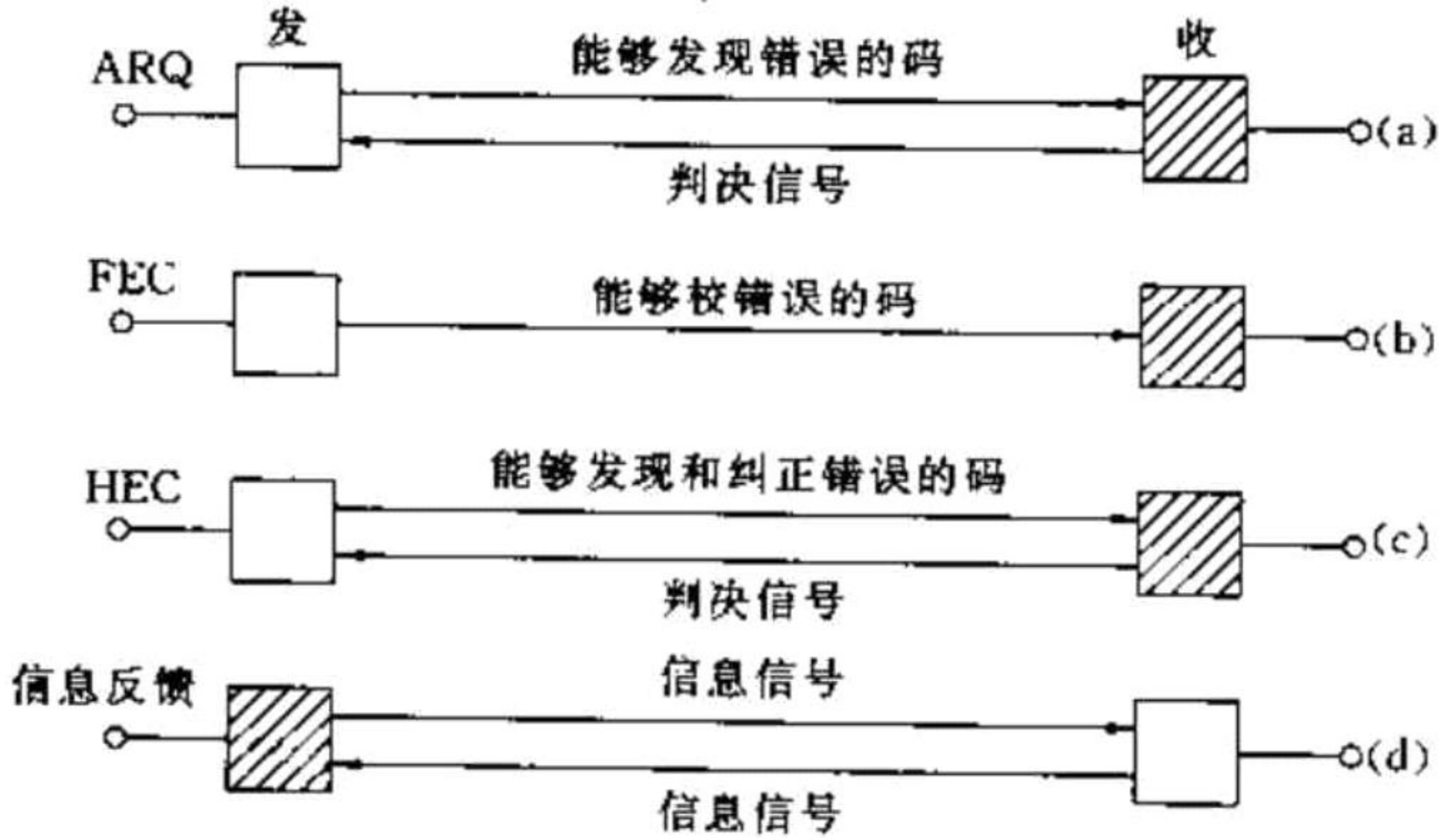


图 7-8 差错控制的几种方式

- 自动重发请求 (ARQ) 方式:
又称为反馈重发。

- 。发送端发送能够检测错误的码字，接收端判决传播中是否有错误产生，并把判决结果通过反馈信道送回发送端。
- 。发送端根据判决信号把接收端认为错误的信息重传，直到接收端检验无错为止，以达到正确接收消息的目的。
- 。在 ARQ 方式中，数据信息的发送主要有等待发送、连续发送、混合发送等 3 种方式。
- 。ARQ 方式的优点：只需要少量的冗余码元(一般为总码元的 5%—20%)就能获得很低的误码率。
- 。ARQ 方式的不足：在物理实现上必须提供一个反馈信道和供重发使用的数据缓冲器，只适用于点对点通信。

■ 前向纠错(FEC)方式:

又称自动纠错，发送端按一定的编码规则对发送的数据信息附加冗余编码，构成纠错码。接收端按一定的译码规则进行变换，检测收到的数据信息中是否有错

码，若有误码的自动纠正。

FEC 的优点：

不需要反馈信道，因而适用于单向通信系统或一点发送多点接收的广播系统。广播系统，收、发两端不必设置供重发用的数据缓冲器，还适用于实时通信系统。

FEC 的缺点：

用于前向纠错的差错控制码与信道的差错统计特性有关，因此必须事先测定数据通信信道的差错统计特性，以选择合适的纠错码，否则误码率难以达到要求。

纠错码需要较多的附加冗余码，一般冗余码元占总发送码元的 20%—50%，从而降低了传输效率。

目前在数据通信中还用得不多。

■ 混合纠错 (HEC) 方式：

FEC 与 ARQ 方式的结合，发送端发送的码不仅有检错能力，而且有一定的纠错能力。

接收端收到数据信号后，检查码组内的错误情况。如果码组内错误的码元数在纠错能力以内，则自动纠错；如果错误较多，超过纠错能力，接收端通过反馈信道请求发送端重发传借助码组。

HEC 方式兼有 ARQ 和 FEC 方式的优点，避免了 FEC 方式所需的复杂译码器和不能适应信道差错变化的缺点，还能克服 ARQ 方式信息连贯性差、有时通信效率低的不足。

HEC 方式仍存在不能同播和需要反馈信道等缺点，使其应用受到一定的限制。

■ 不用编码的差错控制方式

指不需对被传输的数据信息进行差错控制编码，而在传输方法中附加冗余措施来降低数据的传输差错。常

用的有“回程校验”和“重发多判”两种方法。

- ◆ “回程校验”又称为“回声”法。它是在接收端收到数据信息后将该组数据信息经反馈信道送回发送端，发送端将送回来的数据信息与原发数据信息进

行对照比较。如果完全一致，认为接收无误，可继续发送新的数据；如果发现两者不一致，则判断为传输有误，发送端控制重发。

该方法具有设备简单、实现容易的优点，但是信道利用率低。

- ◆ “重发多判”方式是将同一数据信息在一条信道中发送多次，或者在不同信道同时发送，接收端根据收到数据信息的一致性程度检测差错。

通常，接收端按多数表决方式检验收到的数据信息，选取多数作为正确者。

当然，也会出现多数同时出错的小概率事件，这时将产生误码。

该方法的缺点是占用信道过多。

6、数据通信和传输方式

(1) 数据通信方式

- **单工通信方式**：只允许在规定的—个方向传送数据，不允许在另—方向传送数据。
- **双工通信方式**：允许在两个方向传送数据，通信的双方既是发送端又是接收端。按照是否允许两个方向同时传送数据又分为半双工和全双工两种方式。

- ◆ 半双工通信方式：在任一时刻只能在一个方向传送数据。
- ◆ 全双工通信方式：任何时刻都允许同时在两个方向传送数据。

(2) 数据传输方式

1) 异步传输与同步传输

- ◆ 异步传输：

也称起止式传输，是利用起止法来达到收发同步。

每次只传输或接收一个字符(即以字符为单位进行数据传输)，用起始位和停止位指示被传输字符的开始和结束。

- 异步传输方式由于每个字符都需要附加起止信号，因而传输效率较低，主要用于低速数据传输。
- 其特点是同步实现比较简单、收发双方不需要非常精确地同步。目前典型的标准速率为 300b / s、600b / s、1.2kb / s、2.4Kb / s、4.8Kb / s、9.6Kb / s 和 19.2Kb / s。

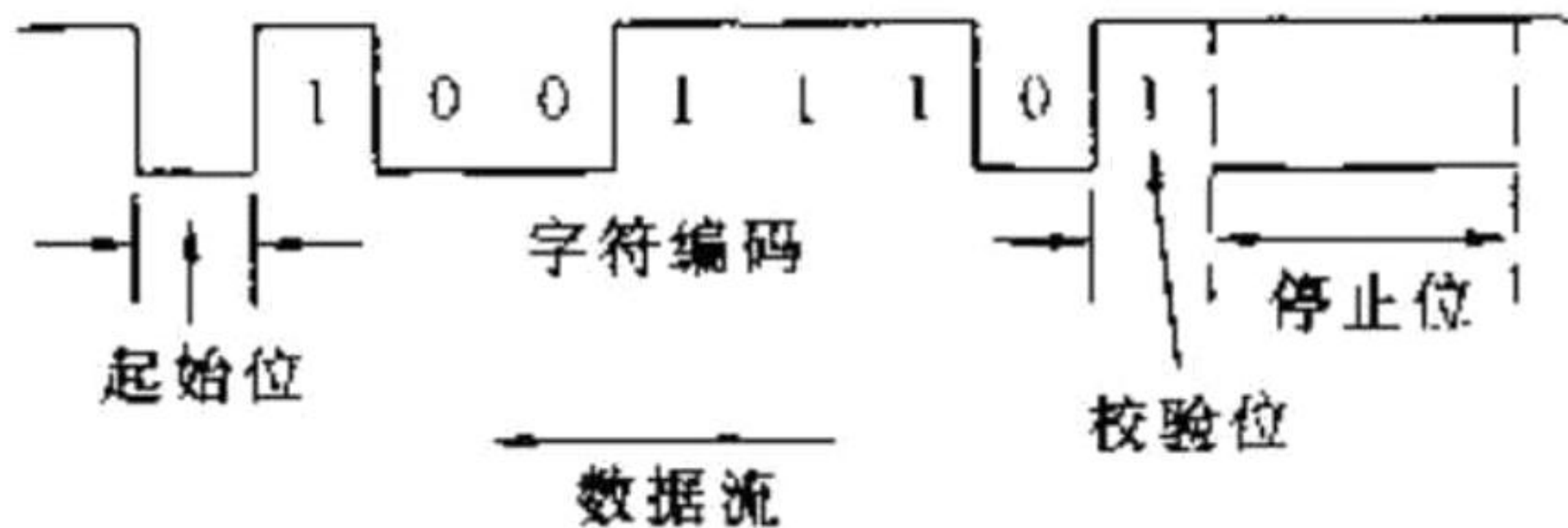


图 7-9 异步传输方式数据格式示意图

◆ 同步传输:

以固定的时钟节拍来发送数据信号的。

在一个串行的数据流中，各二进制码元的起始时间是等间隔的，即信号码元之间的相对位置都是固定的。

接收端为了从收到的数据流中正确地区分一个个信号码元，首先必须建立准确的时钟信号，这是同步传输比异步传输复杂的原因。

- 数据的发送一般以组(或帧)为单位, 一组(或帧)数据包合多个字符的代码或多个独立的比特。
- 组(或帧)的开头和结束需加上预先规定的起始序列和终止序列作为标志, 该起始序列和终止序列的具体形式随采用的传输控制协议而异。
- 同步传输方式的主要优点是传输数据时不需要在每个字符前后增加独立的“起”、“止”码冗, 因而传输效率较高。

2) 并行传输与串行传输

◆ 并行传输:

数据以成组的方式在多条并行信道上同时传输, 传输速度高是并行传输的优点。

- 收、发双方不存在字符的同步问题, 即不需要另加“起”、“止”信号或其他同步信号来实现收、发双方的字符同步;
- 不需要串行传输过程中的串并转换;
- 并行传输需要多条并行信道, 信道利用率低, 而且受设备或经济条件限制,

故仅用于距离近且速率要求高的场合。

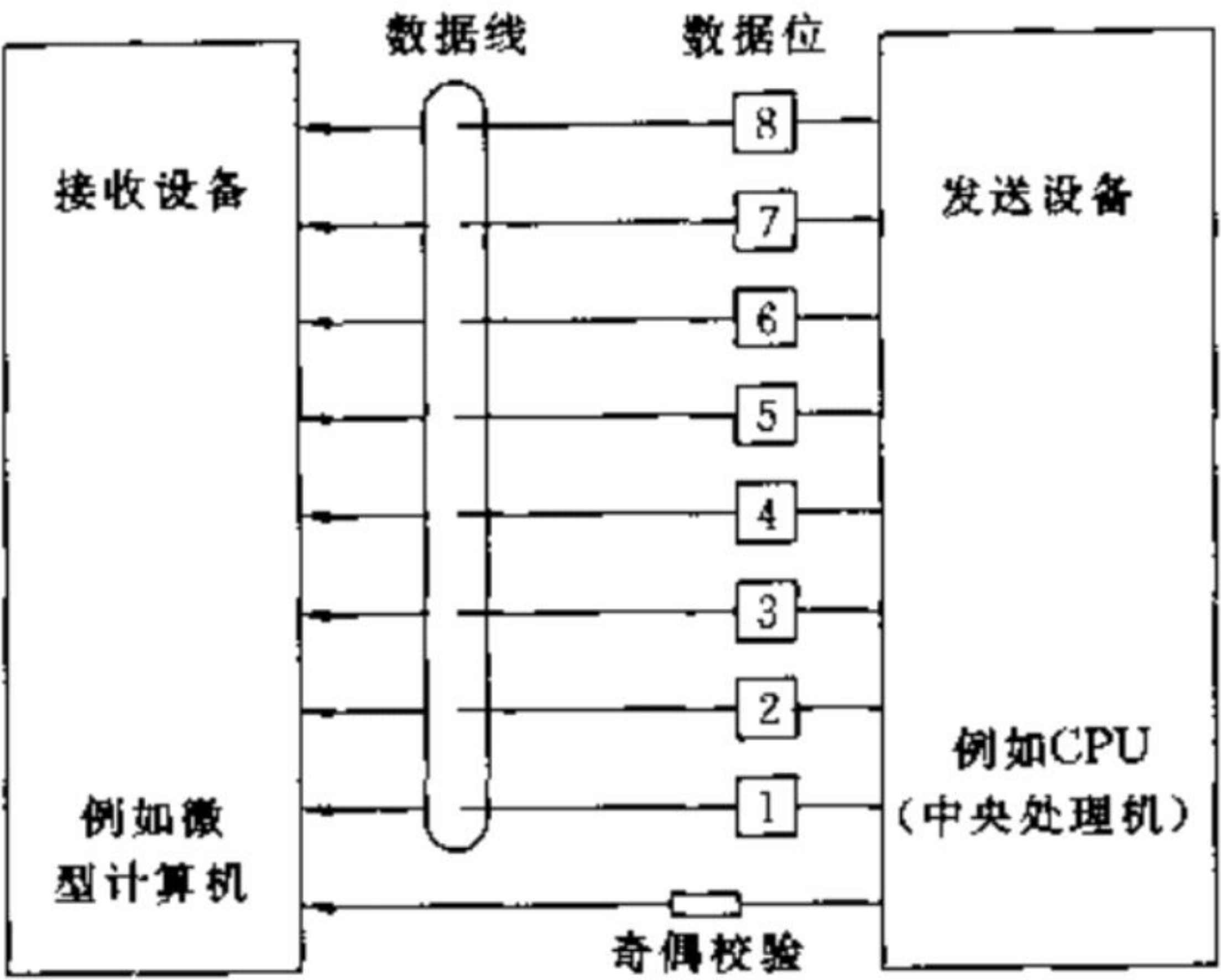


图 7-10 并行传输方式示意图

◆ 串行传输:

数据流以串行方式在一条信道上传输, 传送速率比并行传输方式低。

- 需要解决收、发双方所传码组或字符的同步问题, 以便接收方能从接收到的数据比特流中正确地区分一个个字符。
- 要将计算机输出的并行数据转换成串行数据, 接收端需将收到的串行数据转换成并行数据送往计算机。
- 只需要一条传输信道, 实现起来比较容易, 而且成本较低, 因此它是目前采用的一种主要传输方式, 尤其是远程数据通信一般都采用该传输方式。

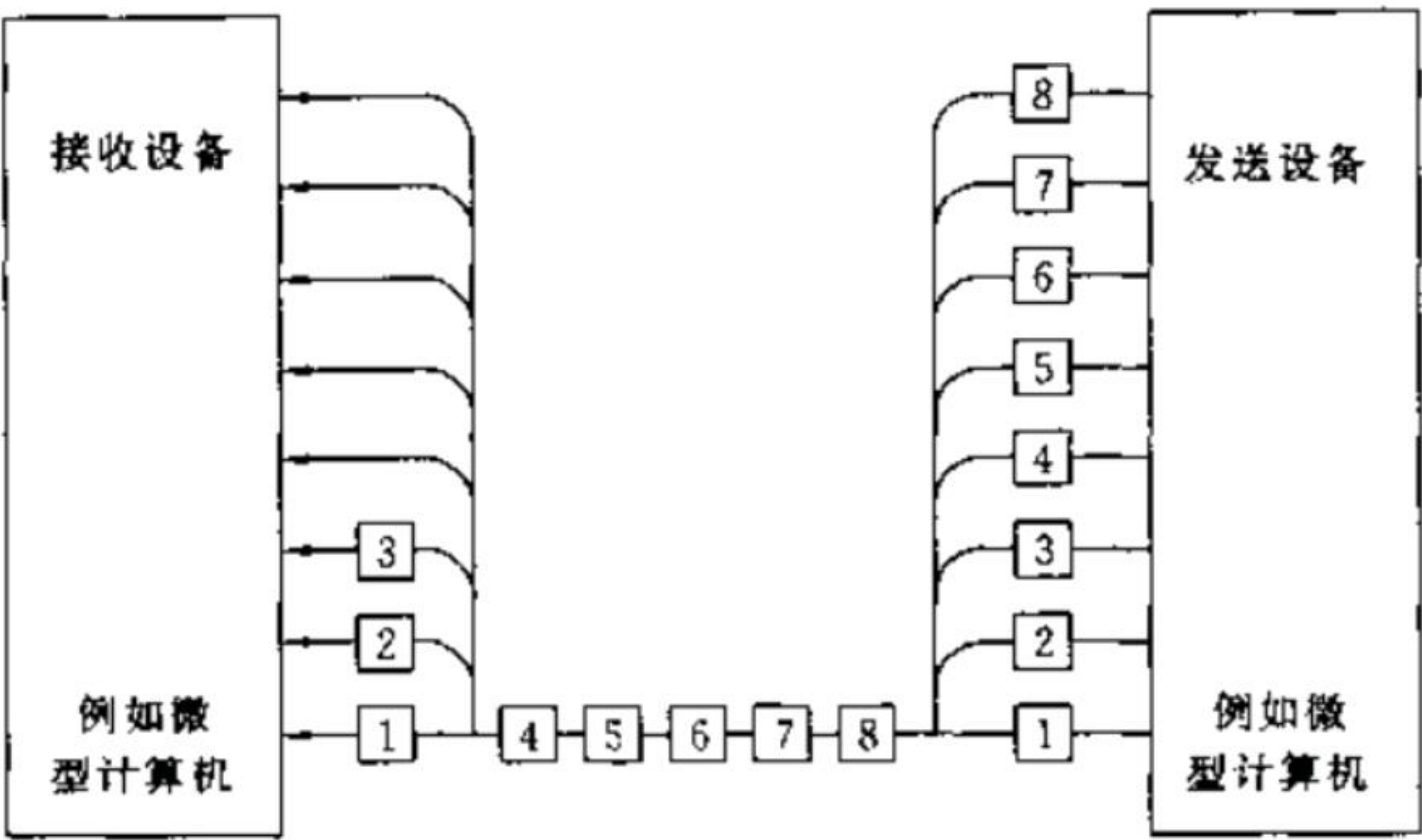


图 7-11 串行传输方式示意图

7.1.4 数据交换技术



图 7-12 利用通信网实现互联的示意图

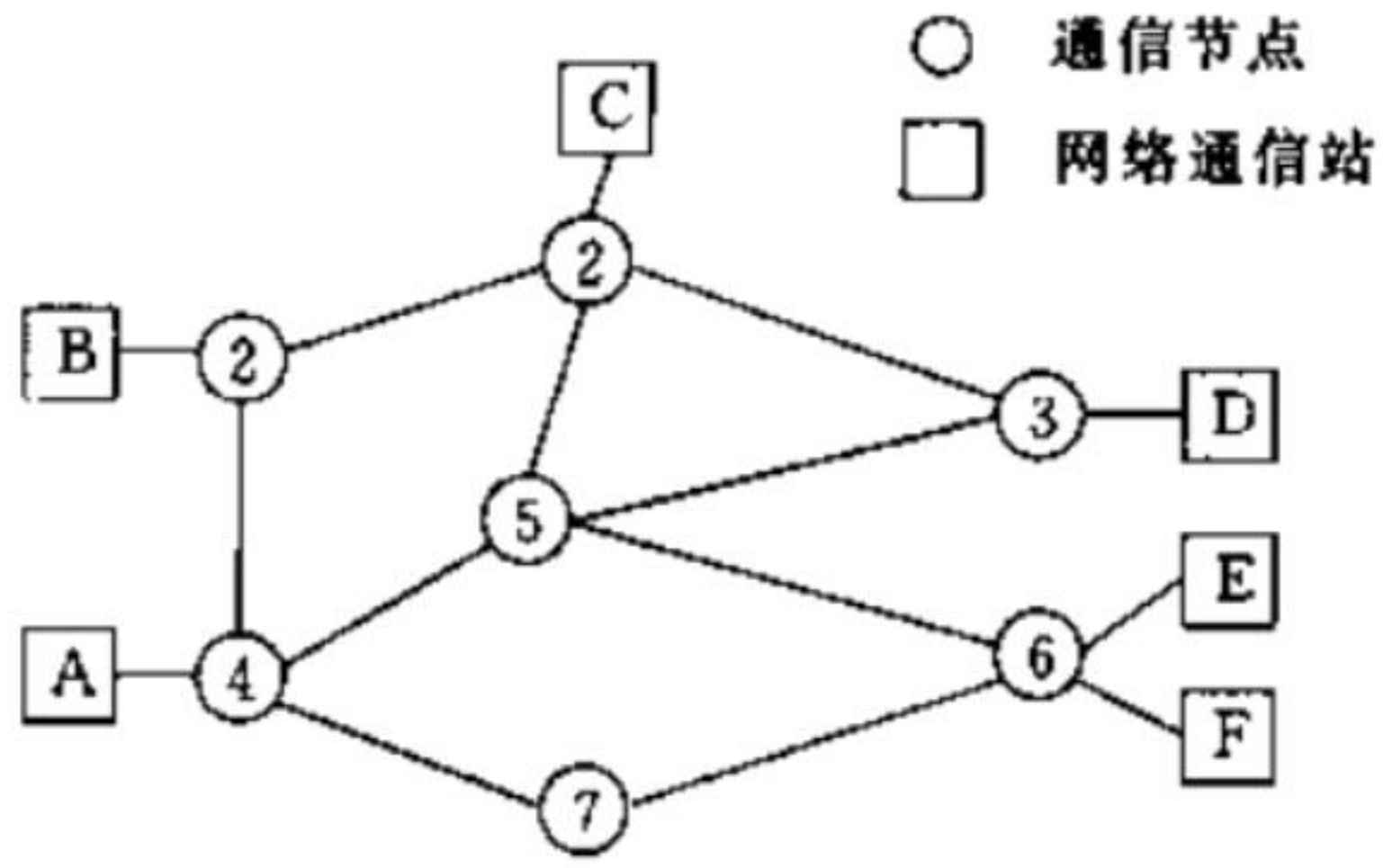


图 7-13 一般交换网络的示意图

交换方式分类：电路交换、报文交换、分组交换、ATM 交换、IP 交换等。

1、电路交换

(1) 概念:

电路交换是根据电话交换的原理发展起来的一种交换方式，数据通信过程包括电路建立、数据传送和电路拆除 3 个阶段。

在一次接续中，电路资源预先分配给一对用户固定使用，不管在电路上是否有数据传输，电路一直被占用，直到通信双方要求拆除电路连接为止。

(2) 电路交换的特点

◆ 电路交换的优点

- 信息的传输延时小。对于一次接续，传的延时固定不变。
- 信息传输的效率比较高。信息以信号形式在数据通路中“透明”传输，交换机对用户的数据信息不存储、不分析、不处理，交换机在处理方面的开销比较小，对用户的数据信息也不需要附加许多用于控制的信息。
- 信息的编码方法和信息格式不受限制，数据通信的双方能识别就可以了。

◆ 电路交换的缺点

- 电路的接续时间较长，短报文通信效率低。
- 电路资源被通信双方独占，电路利用率低。
- 通信双方在信息传输速率、编码格式、同步方式、通信规程等方面要完全兼容，这就限制了各种不同速率、不同代码格式、不同通信规程的用户终端设备之间的互通。
- 有呼损，即可能出现由于对方用户终端设备忙或交换网负载过重而叫不通的情况。

电路交换比较适合传输信息量大、通信对象比较固定的用户之间的数据通信。

2、报文交换

(1) 报文交换的概念：

报文交换的基本思想是“存储—转发”。

当 B 用户要向 E 用户发送信息时、B 用户不需要先叫通与 E 用户之间的电路，只需与所连的交换机接通，由交换机暂时把 B 用户要发送的报文接收并存储起来。等到该输出线空闲时，立即将该报文送到下一个交换机，经过若干个交换机(或中转节点)的“存储—转发”，最后将报文送到目的终端用户 E。

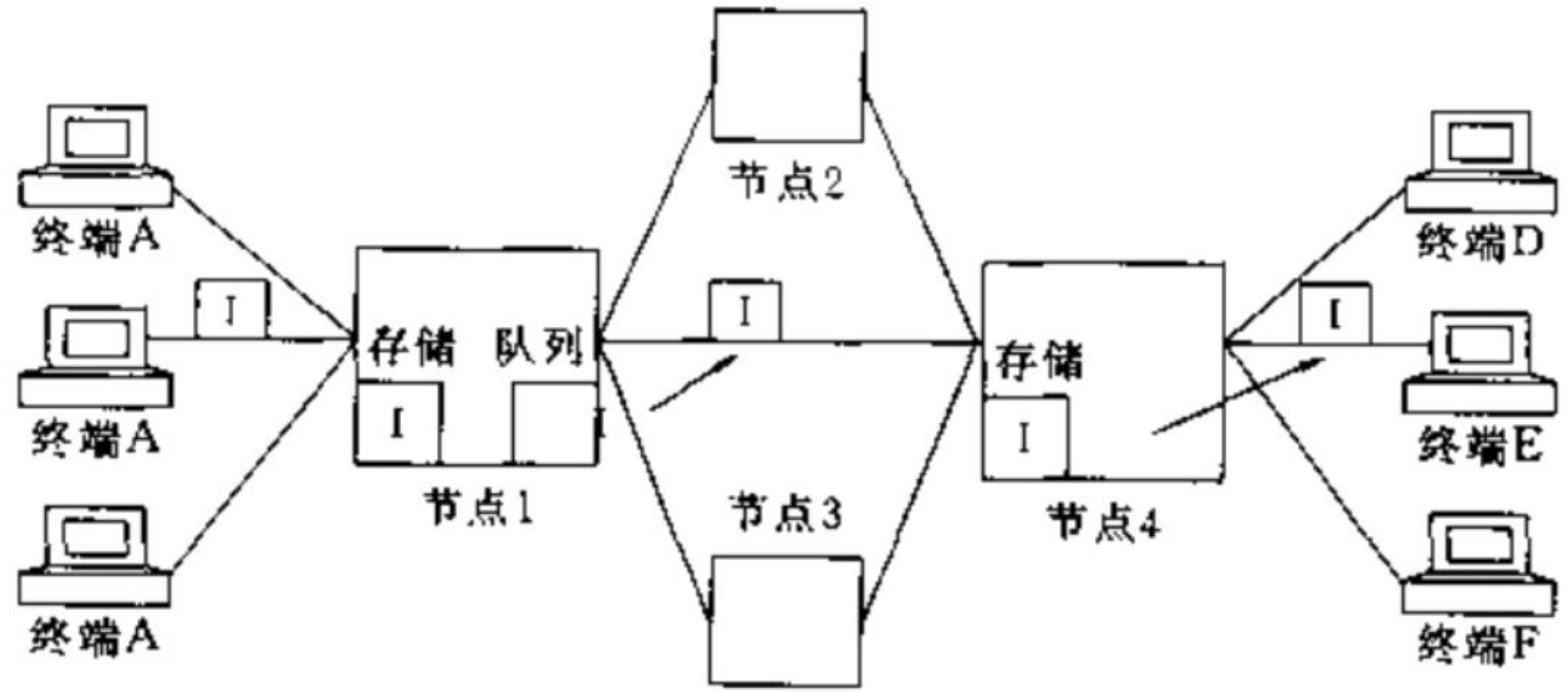


图 7-14 报文交换的示意图

(2) 报文交换的特点

■ 报文交换的优点

- ◆ **兼容性好。**报文以存储转发方式通过交换机，输入输出电路的速率、电码格式等可以不同，很容易实现各种不同类型和不同速率终端之间的相互通信。
- ◆ **信道利用率高。**在报文交换过程中，没有电路接续过程，来自不同用户的报文可以在一条物理线路上以分时的方式共同传送，利用标记区分实现信道复用。
- ◆ **传输准确性好。**由于采用“存储—转发”方式，发送端交换机可以加进一些纠错码，接收端可纠正传输产生的误码或者要求发送端重发不可纠错的码组。
- ◆ **无呼损**(假设备节点交换机有足够的存储空间)。主叫用户不需要叫通被叫用户就可以发送报文，最末一个交换机在用户空闲时才发报，不会出现损失呼叫的情况，并可节省通信终端操作人员的时间。
- ◆ **可实现同播功能。**如果需要，同一报文可以由交换机转发到许多不同的收信地点，由多个用户同时收到同一内容的报文。

■ 报文交换的缺点

- ◆ **传输延时长。**数据信息通过交换机时产生的延时长、而且延时变化不定，不利于实时通信或控制。
- ◆ **对设备要求高。**交换机要有能力存储用户发送的报文。为了传输较长的报文和有高速处理能力和很大的存储容量，使交换机体积增大，成本提高。
- ◆ **不适用于立即对话的通信业务。**

3、分组交换

(1) 概念:

- 。分组交换仍采用“存储—转发”方式，但不像报文交换那样以报文为单位进行交换，而是把报文裁成许多比较短的且具有一定长度的“分组”进行交换和传输。
- 。每个分组加上固定格式的分组头，用于指明该分组的发端地址、收端地址及分组序号等。

- 。通常，分组长度较短且具有统一的格式，便于在交换机中存储和处理。
- 。“分组”进入某个交换机后，只在主存储器中停留短的时间，进行排队和处理，一旦确定了新的路由，很快输出到下一个交换机或用户终端。
- 。“分组”穿过交换机或网络的时间很短，能满足绝大多数数据通信用户对信息传辅的实时性要求。

(2) 分组交换的特点

■ 分组交换的优点

- ◆ 具有很强的兼容性。分组交换向用户提供了不同速率、不同代码、不同同步方式、不同通信控制规程的数据终端之间能够相互通信的灵活的通信环境。
- ◆ 信息的传输延时较小，而且变化范围不大，能够较好地满足会话型数据通信的实时性要求。
- ◆ 信道利用率高。分组交换实现了通信线路的动态统计时分复用，它可在一条物理线路上同时提供多条数据信息通路。

- ◆ 可靠性高、抗毁性强。每个分组在网络中传输时，可以在中继线和用户线上分段独立地进行差错校验，“分组”可以自动地选择路由避开故障点，维持通信的正常进行，大大提高了网络的抗毁性。
- ◆ 建网费用低。信息以“分组”为单位在交换机中存储和处理，不要求交换机具有很大的存储容量，设备造价较低。线路实行动态复用，节省了线路投资，故分组交换数据网的费用较低。
- ◆ 组网灵活，保密安全。通过对分组交换网中的用户的呼入呼出分别加以限制，可组成一个个闭合用户群。
- ◆ 分组交换网可为用户提供缩位拨号、直接呼叫、连选组、转移呼叫、永久虚电路（虚电路的概念稍后介绍）等多种功能的服务。

■ 分组交换的缺点

- ◆ 对长报文通信的传输效率比较低。

由于网络要给每个分组加上起控制作用的辅助信息，故对于较长的报文来说，

分组交换网络的开销较大，其传输效率比电路交换和报文交换低。

- ◆ 技术实现复杂，交换机成本较高。

7.1.5 计算机网络体系结构与协议

1、网络体系结构概述

(1) 协议的概念

为了使计算机网络有条不紊地传输信息，必须事先制定规则。

将这些为在网络中进行数据通信预先建立的、通信双方共同遵守的规则、标准或约定称为网络协议(Protocol)。

网络协议应包括下面 3 个要素(或关键成分)：

*语法

语法说明数据与控制信息的结构和格式，包括数据格式、编码及信号电平等。

*语义

语义说明需要发出的控制信息、完成动作及应答的种类，包括用于协调同步和差错处理的控制信息。

*同步。

同步详细说明事件实现顺序，包括速度匹配和排序等。

2、网络体系的层次结构

- 。由于不同系统中的各实体之间的通信任务十分复杂，相互不可能作为一个整体处理，否则任何一个地方的改变都要修改整个软件包。
- 。对于非常复杂的计算机网络协议，一般采用结构化的设计和实现技术，即采用分层或层次结构的协议集合来实现。
- 。把计算机网络的网络层次、网络拓扑、各层次的功能及其协议的集合统称为网络的体系结构。

采用层次结构的方法描述网络体系结构有以下许多优点：

- * 便于问题的简化。
- * 便于协议的系统化和标准化。
- * 便于功能模块的划分和开发。

- * 便于提高功能模块实现的灵活性。

- * 便于实现和维护。

制定网络体系结构的主要任务是定义一组层次并规定每一层应完成的功能和服务。

2、开放系统互联参考模型 (OSI / RM)

(1) OSI / RM 的层次结构及各层的功能

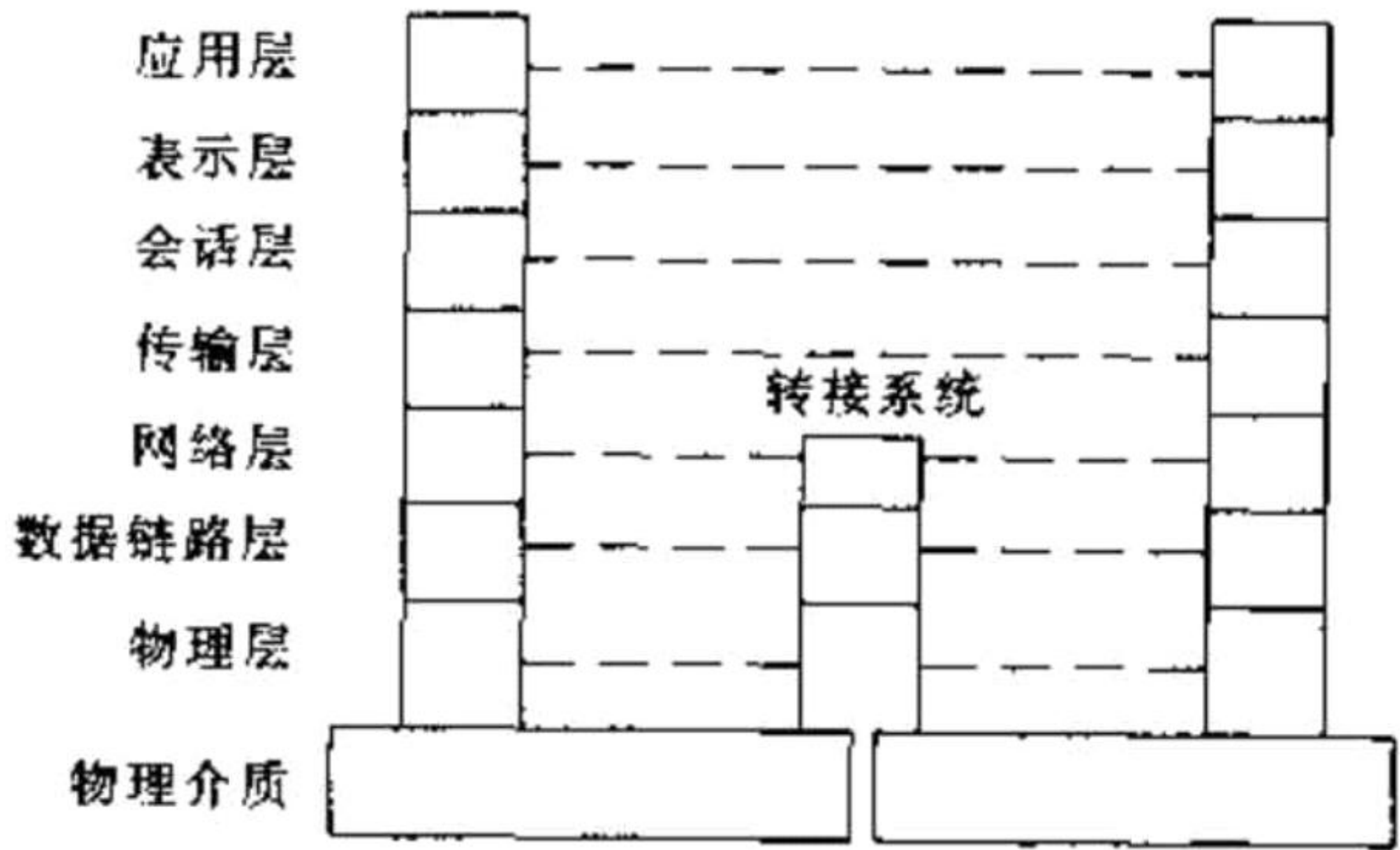


图 7-16 开放系统互联参考模型 (OSI/RM)



- 同一个系统的各功能层间的分隔线称为接口，接口是两个相邻层间的一组约定，包括下面一层要提供哪些服务和上面一层如何使用这些服务。
- 不同系统对等层间的虚线称为协议。协议是两个对等层为了正确地传送信息而必须遵守的一组约定，包括信息格式、信息内容和信息传输顺序等。
- 当数据信息在两个端点用户系统之间实际传输时，往往经过通信子网若干节点(即图中的转接系统)中转。由于转接系统不是端点用户，仅实现路由选择等功能，故没有必要涉及转接系统的第四层及其以上层次。即转接系统只参与第三层及第上层以下的工作。

表 7-1 OSI 参考模型各层的主要功能

层次	名称	主要功能
1	物理层	<ul style="list-style-type: none"> • 提供为建立、保持和释放物理链路所需的机械、电气、功能和规程等方面的特性 • 提供在物理链路上传输非结构的位流以及故障检测指示
2	数据链路层	<ul style="list-style-type: none"> • 为在网络层实体间建立、保持和释放数据链路连接和传送服务数据单元提供功能和规程方面的特性 • 进行差错检测和数据流的控制
3	网络层	<ul style="list-style-type: none"> • 控制分组传送系统的操作,即路由选择、拥塞控制、网络互联等功能,它的特性对高层是透明 • 根据传输层的要求选择服务质量 • 向传输层报告未恢复的差错
4	传输层	<ul style="list-style-type: none"> • 提供建立、保持和释放传送连接的功能 • 选择网络层提供的最合适的服务 • 在系统之间提供可靠的透明的数据传送,提供端到端的差错恢复和流控制
5	会话层	<ul style="list-style-type: none"> • 在两个应用进程之间建立、保持和结束会话连接功能 • 提供单工、半双工、全双工等 3 种数据流方向的控制模式
6	表示层	<ul style="list-style-type: none"> • 代表应用进程协商数据表示 • 完成数据转换、格式化和文本压缩
7	应用层	<ul style="list-style-type: none"> • 提供(OSI)用户服务,如文件传输、电子邮件、网络管理等

3、TCP / IP 的体系结构

因特网核心协议: TCP 协议 / IP 协议

(1) TCP / IP 分层结构与协议族:

OSI层次	TCP / IP层次	TCP / IP协议集				
5~7	应用层	SMTP	DNS	FTP	RPC	SNMP
4	传输层	TCP		UDP		
3	网际层	IP(ICMP, ARP, RARP)				
1~2	网络接口	Ethernet	Token-Ring	100BASE-T	其他	

图 7-17 TCP/IP 协议族及分层结构

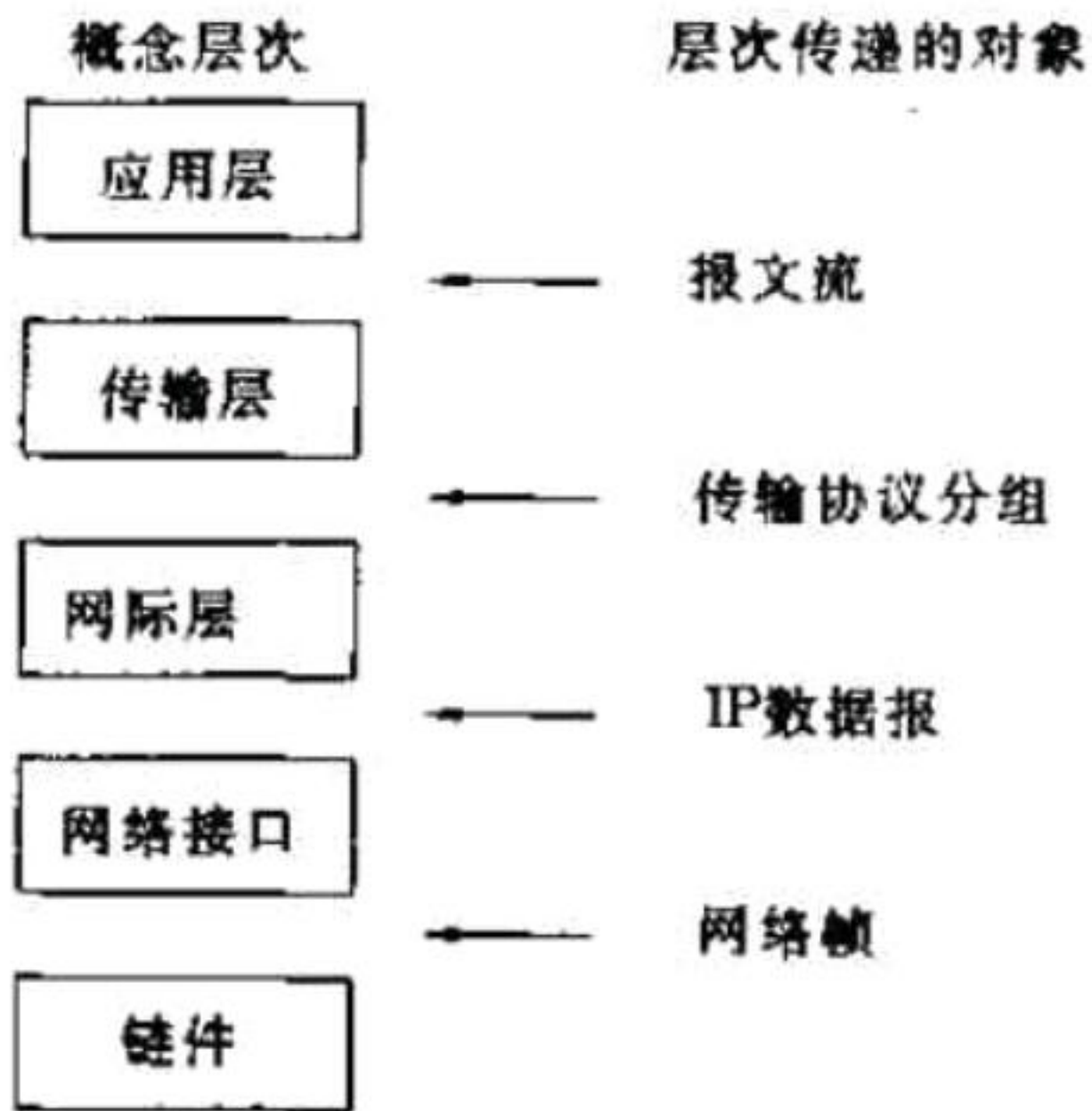


图 7-18 TCP/IP 协议的分层模型

(2) 各层功能

- **应用层:** 向用户提供一组常用的应用程序，如文件传输、电子邮件等。
- **传输层:** 传输层提供应用程序间(即端到端)的通信，其功能包括格式化信息流、提供可靠传输。

- **网际层**：负责相邻计算机之间的通信。
 1. 处理来自传输层的分组发送请求；
 2. 处理输入数据报，进行路由选择；
 3. 处理 ICMP 报文、路由信息、流控制、拥塞等。
- **网络接口层**。网络接口层是 TCP / IP 软件的最低层，负责接收 IP 数据报并通过网络发送，或者从网络上接收物理帧，抽出 IP 数据报交给 IP 层。网络接口有两种类型。第一种是设备驱动程序(如局域网的网络接口)，第二种是含自身数据链路协议的复杂子系统(如 x. 25 中的网络接口)。

4、局域网的体系结构

(1) 局域网:

- 。局域网(LAN)实际上是一个数据通信系统,它允许不同类型的数据终端彼此通信。
- 。与其他数据网络的不同点在于:局域网的覆盖范围被限定在一个中等地理区域,例如一座办公大楼、一个仓库、一个校园,它通常利用一条高速低误码率的物理介质传送数据。

(2) 局域网的 802 参考模型:

- 。考虑到局域网任何两点之间通常仅有一条直接链路,不存在所谓的路由选择问题,所以没有必要单独设置网络层。
- 。故 IEEE 802 协议标准只定义了局域网的数据链路层和物理层两层。
- 。同时,又把数据链路层划分为逻辑链路控制(LLC)子层和介质访问控制(MAC)子层两个层,并将网络层的寻址、排序、流量控制、差错控制等功能下放到数据链路逻辑链路控制(LLC)子层中实现。

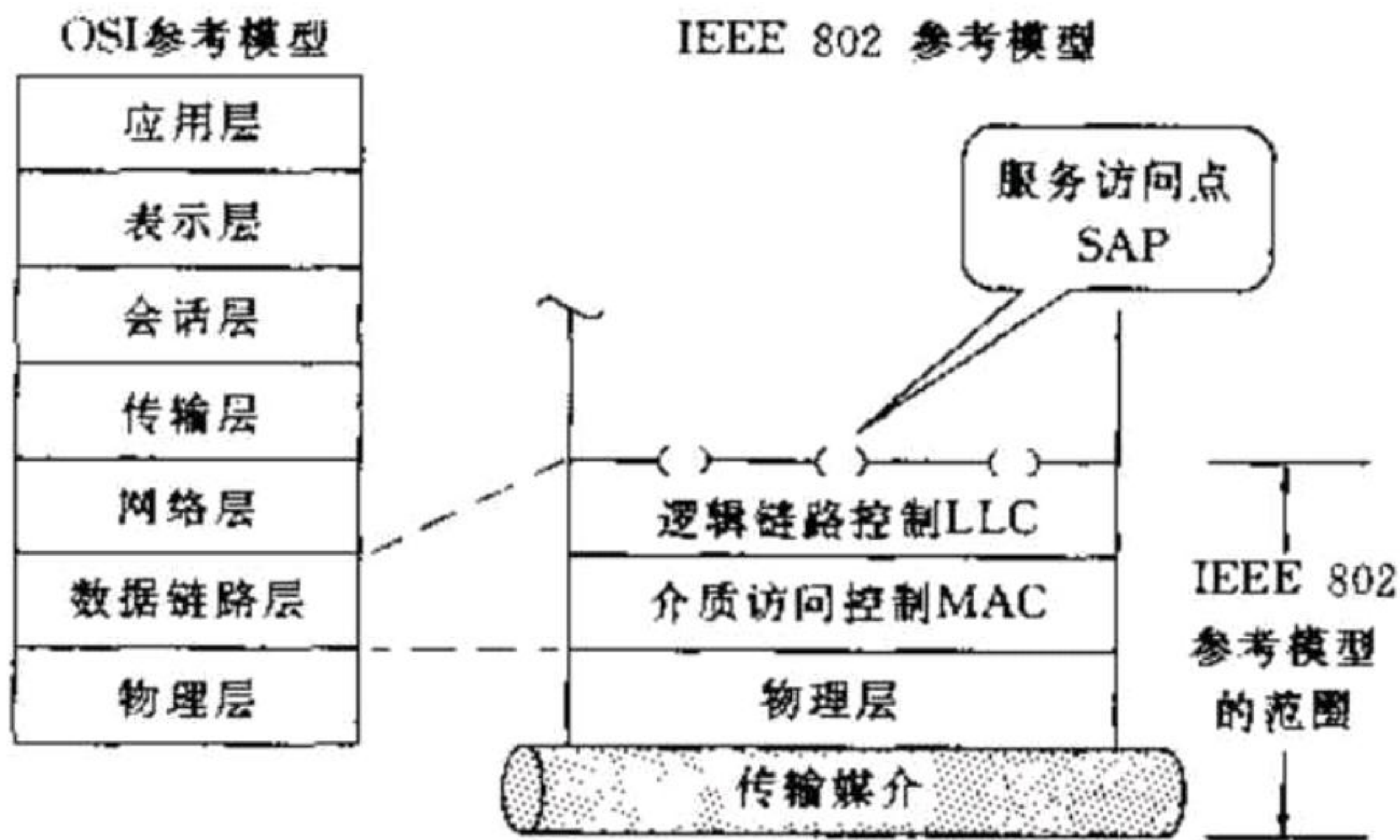


图 7-19 局域网的 802 参考模型与 OSI/RM 的对应关系示意图

(3) IEEE 802 局域网参考模型各层的主要功能:

■ 物理层。

。功能与 OSI 物理层一样，负责处理物理链路上非结构化的比特流，建立、保持和

释放物理链路。

- 。具体来说就是实现编码、解码、时钟提取、发送、接收及载波检测等功能，为数据链路层提供服务，并对物理链路操作的电气和机械特件进行说明。

■ 数据链路层。

- 。数据链路层包含逻辑链路控制(LLC)子层和介质访问控制(MAC)子层。
- 。介质访问控制子层(MAC)的主要功能是控制对传输介质的访问。

不同类型的局域网使用的介质访问控制算法是不同的。

- 。逻辑链路控制子层(LLC)负责提供面向连接的服务和无连接的服务两种服务类型。

面向连接的服务能够提供可靠的通信，其主要功能是数据帧的封装和拆封、为高层提供网络服务的逻辑接口。

7.2 典型计算机网络的分析

7.2.1 计算机网络的分类

1、按网路的交换方式分类

(1) 广播型网络:

没有交换设备(虽然扩展的网络可由通过交换设备连接基本网络织成);

各站公用一个传输介质, 每个站只有一个输入/输出(I/O)端;

一个站发送的数据可以被若干个站接收。

由于所有站公用同一传输介质, 因此广播型网络需要解决介质访问控制问题。

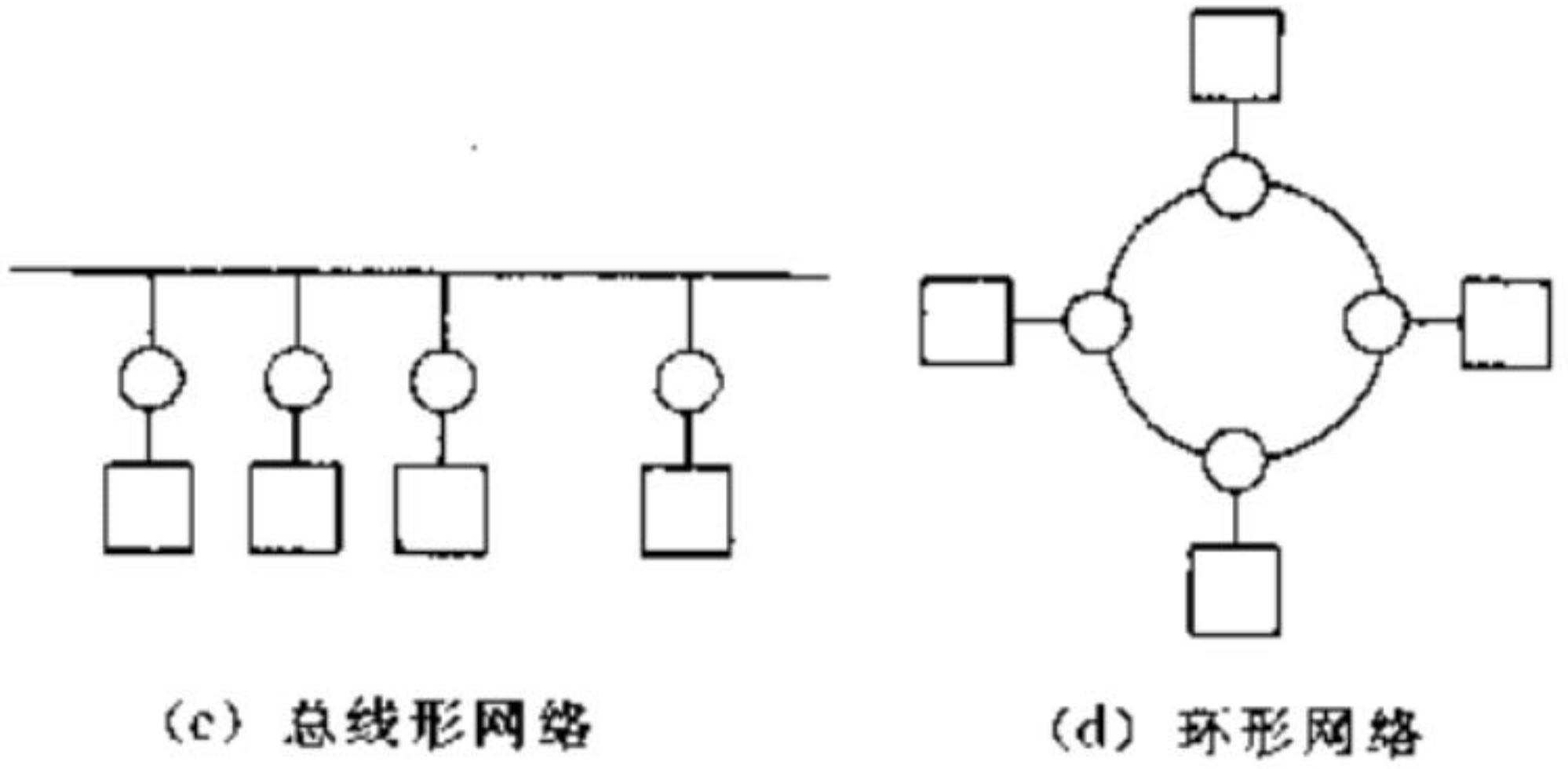
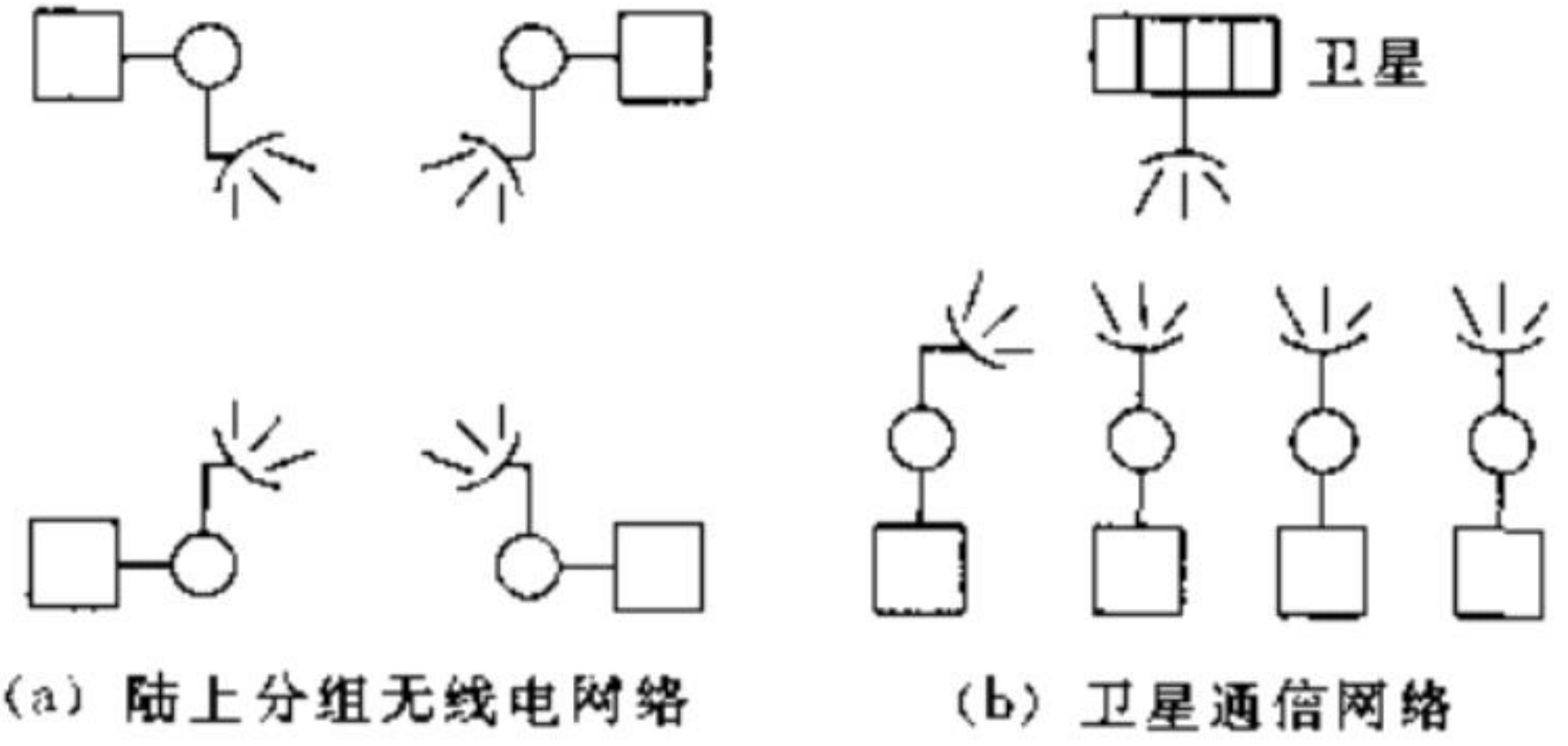


图 7-20 几种广播型网络组成示意图

(2) 交换型数据网:

按网络中的各节点交换机采用的数据交换方式;

又可以将网络分为电路交换、报文交换、分组交换和混合交换 4 种类型。

2、按网络的拓扑结构分类:

- 集中式 (星型) 网络
- 分散式网络
- 分布式网络

3、按网络的覆盖范围分类

- 局域网 LAN:
- 城域网 MAN:
- 广域网 WAN:

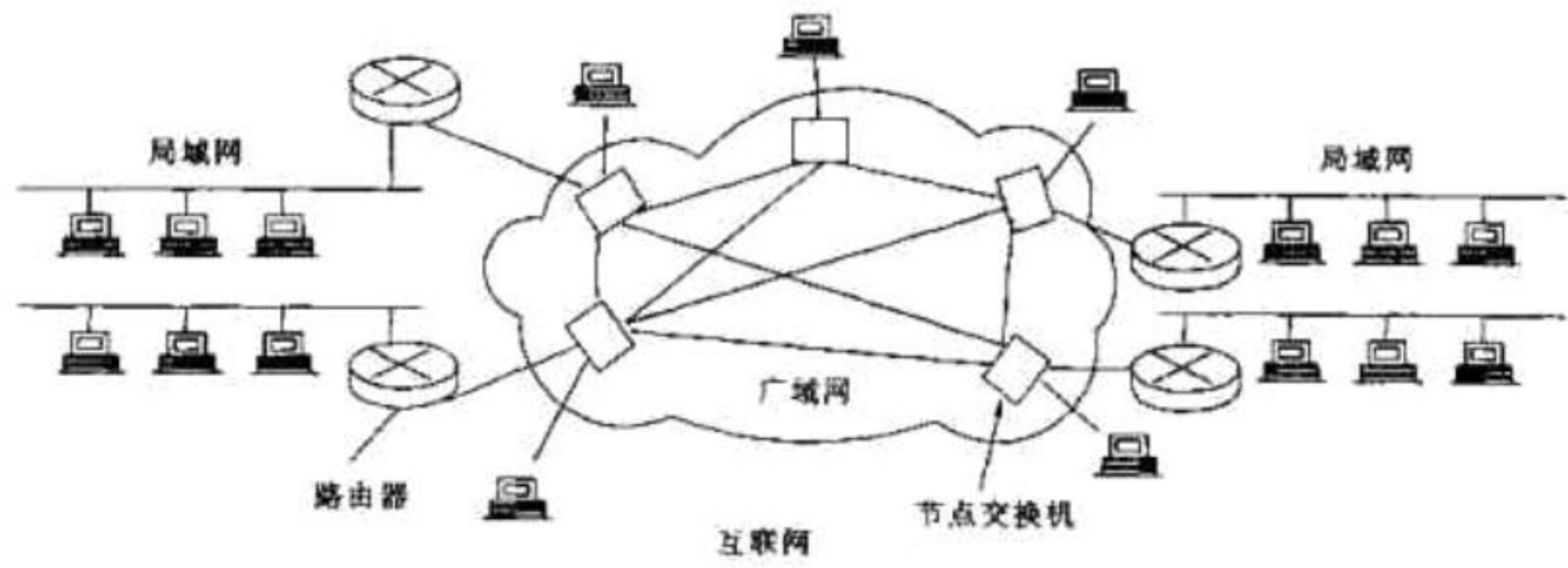


图 7-22 广域网,局域网及其互联网的关系示意图

4、按网络用户范围分类:

- 公用网
- 专用网

7. 2. 2 广域网

7. 2. 2. 1 广域网概述

1、广域网的组成

广域网由若干个节点交换机和连接这些节点交换机的物理链路组成。

广域网、局域网及互联网关系示意图参见下页。

2. 广域网的特点

覆盖范围广；

传输速率相对较低；

以数据传输为主要目的。

与局域网的重要区别是广域网由于网络规模大，一般由政府电信部门建立和管理。

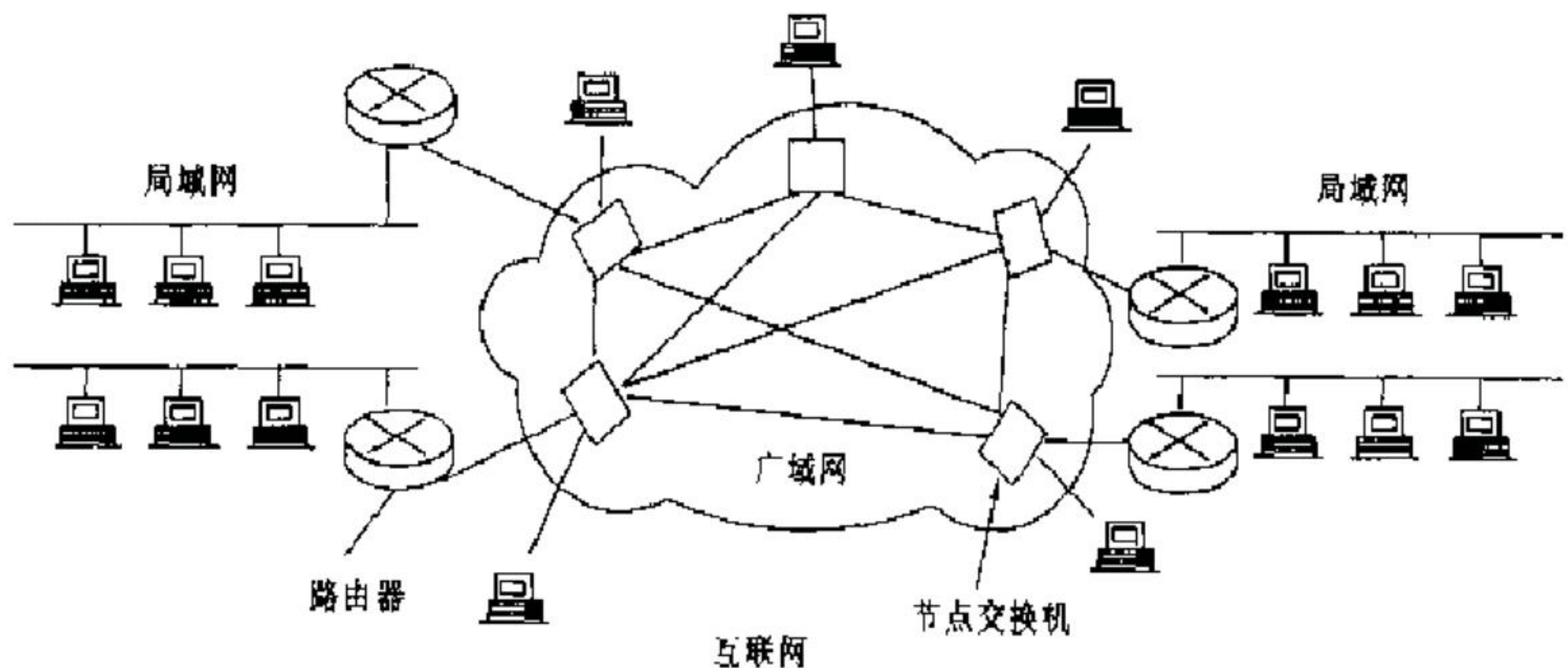


图 7-22 广域网、局域网及其互联网的关系示意图

7. 2. 2. 2 物理层及其协议

1、物理层的基本概念

。是网络体系结构中的最低层，是唯一直接传输数据的。

- 。物理层为在数据链路实体之间进行比特传输而激活、保持和去激活物理连接提供所需的机械、电气、功能和规程方面的手段。
- 。物理连接允许通过中间开放系统对物理层内的比特传输进行转接。
- 。各系统的物理层实体虽然是通过物理介质实现互联的，但物理层并不规定连接各系统的具体的物理设备或具体的物理介质，物理层的任务就是实现数据比特流的“透明”传送，即保证数据比特流在连接各系统的各种物理介质上可靠地传输。
- 。物理层的协议(又称物理层规程)是从机械、电气、功能和规程等 4 个方面对系统(通常称为数据终端设备 DTE)与物理传输介质的接口的特性进行说明。这样可保证不同网络产品制造厂家能按统一的物理层接口标准生产设备，以实现网络产品的兼容。

2. 物理层协议

(1) 物理层协议的基本内容

物理层协议主要是从机械连接特性、电气特性、功能特性以及规程特性说明并定义

DTE 与 DCE 之间的物理接口的。

图 7—23 表示了 DTE 通过 DCE 与传输线路相连的示意图。

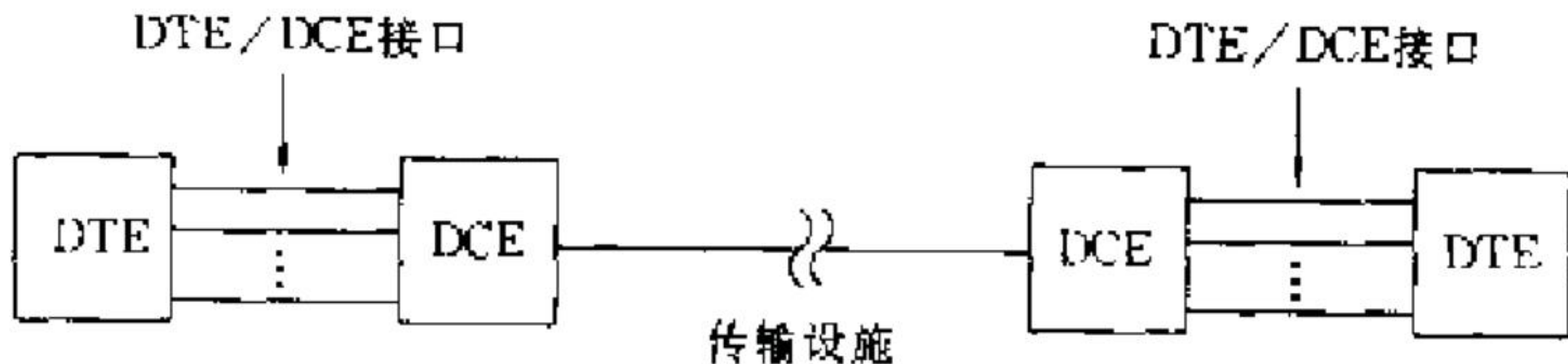


图 7-23 DTE 通过 DCE 与传输线路相连的示意图

1) 机械特性

物理层机械特性详细说明了物理接口连接器的形状、尺寸、插针的数目、排列方式、插头与插座的尺寸、电缆长度以及电缆所含导线的数目等。

2) 电气特性

物理层的电气特性规定了在物理连接上传输二进制

3) 功能特性

物理层的功能特性规定了物理接口上各条信号线的功能分配和确切定义。

4) 规程特性

物理层的规程特性定义了利用信号线进行二进制比特流传输的一组操作过程，即各信号线的工作规则和先后顺序

(2) 常用物理层接口标准介绍

1) 接口标准的类型

2) EIA RS—232 接口标准

7. 2. 2. 3 数据链路层及其协议

在数据通信网络中、数据链路层协议或通信规程主要有面向字符的数据链路控制规程和面向比特的数据链路控制规程两类。略。

7. 2. 2. 4 分组交换网

1. 分组交换网的构成

分组交换网由一些专门实现分组交换的通信控制处理机(即分组交换机或称节点交换机)和通信线路等组成。

分组交换网常采用分布式网状结构。

下页图为基本的分组交换网的示意图。

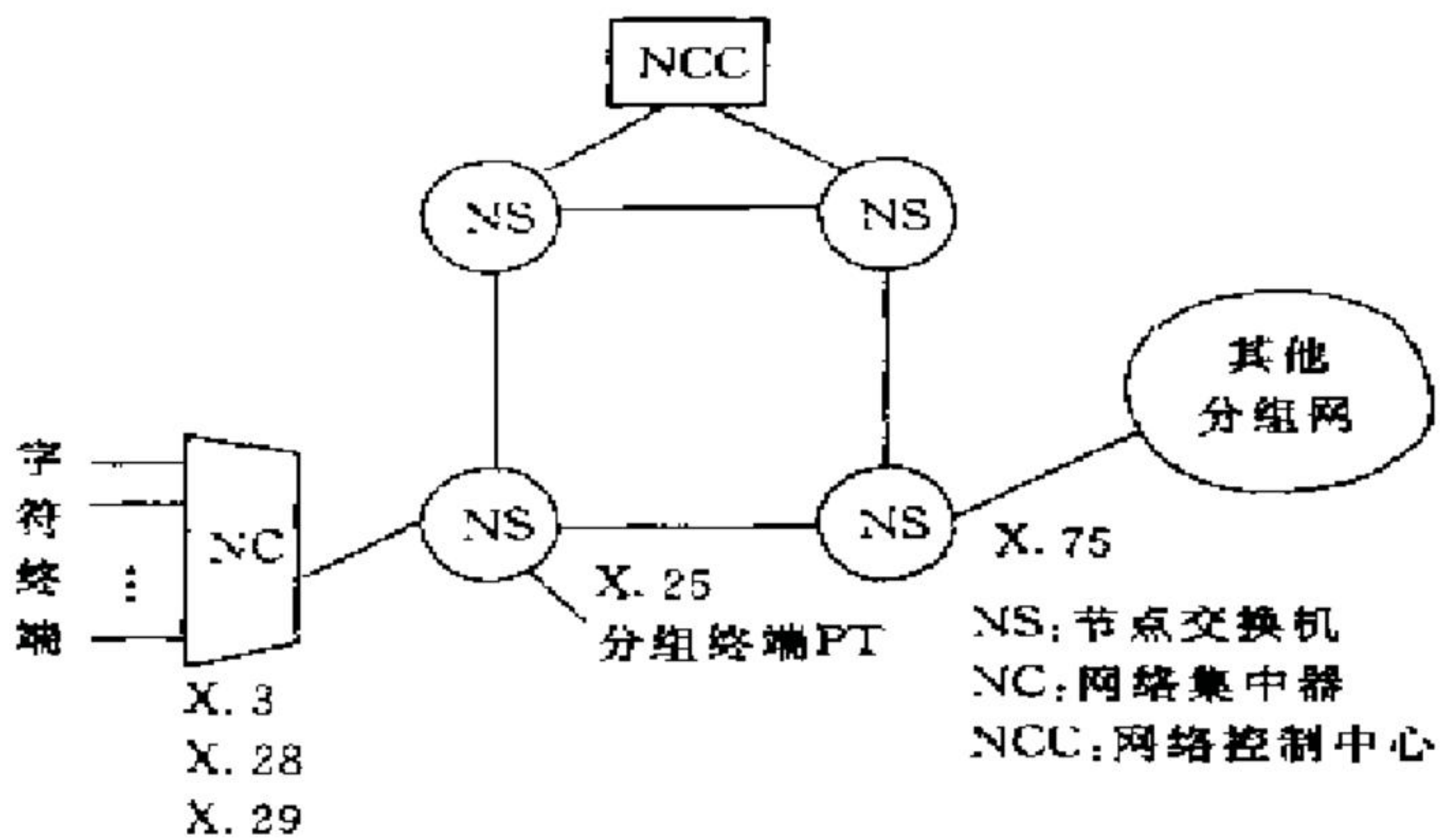


图 7-28 分组交换网组成示意图

2. 分组的交换与传输

- 。分组交换网是为了适应数据通信需求的增长和对数据信息传输可靠性要求的提高而产生的，其基本思想是更好地实现网络资源的共享。
- 。网络中的数据信息以分组为单位进行传输和交换。
- 。分组交换网传递数据信息主要包括分组的产生与合并、分组的传输、分组的路径选择、流量控制以及差错控制等过程。
- 。分组在分组交换网中的传输是按统计时分复用与分组交织传输方式进行的。

下页图是分组交换网的功能示意图。

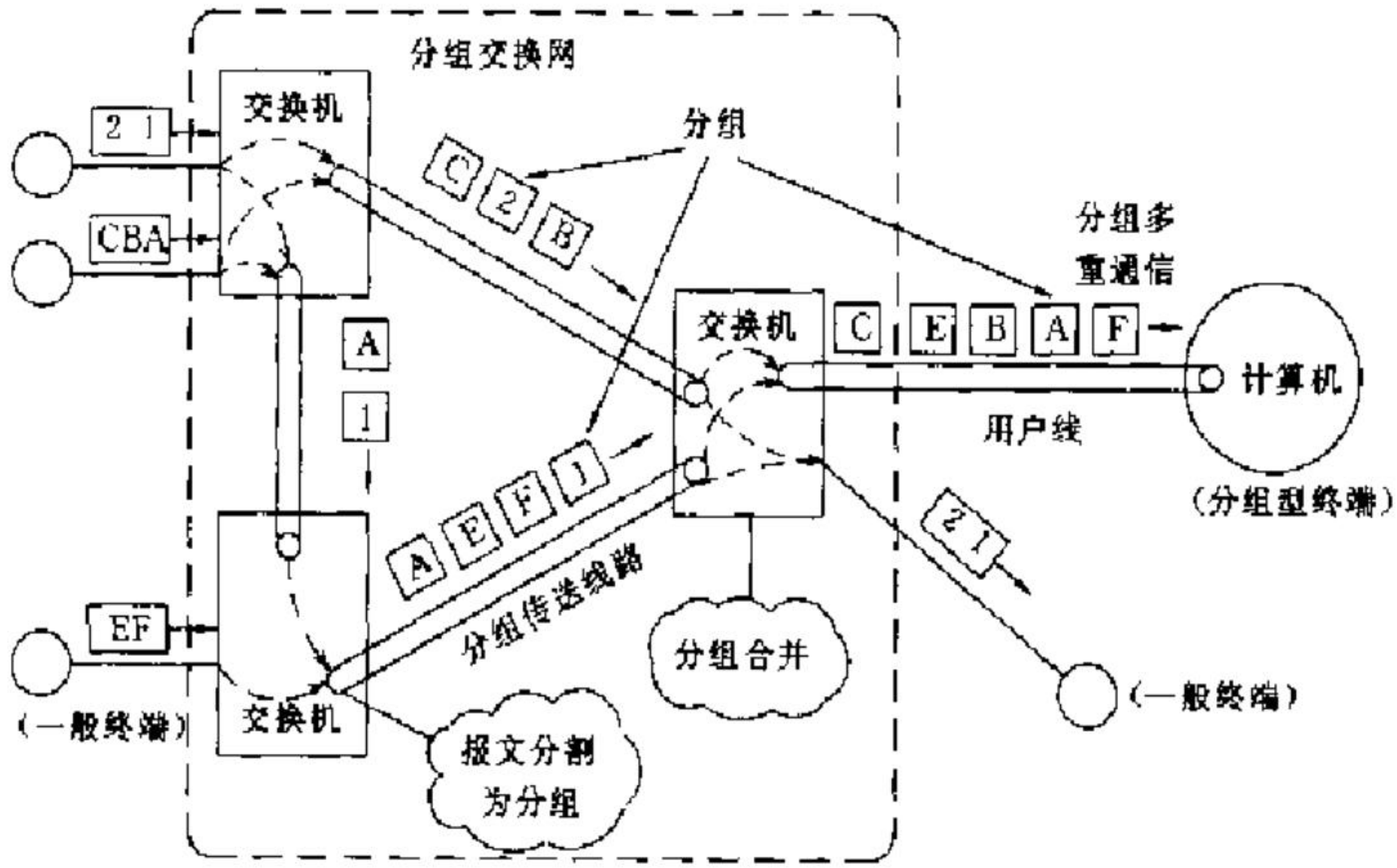


图 7-29 分组交换网的功能示意图

3. 分组交换网的服务类型

分组交换网对接收到的分组有两种服务方式：虚电路服务和数据报服务。

(1) 虚电路服务

- 。虚电路服务和电路交换相似，它在通信开始时也需要在发送端和接收端之间建立一条通路，但它是一条逻辑意义上的通路，而非实际的物理电路，故称为虚电路。
- 。通信结束时，可由任一方将该虚电路拆除。
- 。在上述通信过程中，当双方暂时没有数据或数据传输速率不大时，其他用户仍可使用同一物理通路中的剩余容量，而不像电路交换中收发双方完全占用物理通路。

虚电路服务方式的主要特点：

- *一次通信具有呼叫建立、数据传输和呼叫清除 3 个阶段。数据分组中不需要包含目的地址，对于数据量较大的通信传输效率高。
- *数据分组按已建立的路径顺序通过网络，网络目的节点不需要对数据重新排序，分组传输延时小，而且不容易产生数据分组的丢失。

*可用于工作速率差异很大的终端之间的数据通信。

(2) 数据报服务

- 。在数据报方式中，将同一报文的每一个数据分组均当作一份独立的报文看待。
- 。每一个数据分组都包含目的地址、源地址和分组序号等信息，分组交换机为一个数据分组独立地寻找传输路径。
- 。同一报文中的不同分组可能沿着不同的路径到达目的节点，网络目的节点需要按分组序号重新排序。

数据报服务方式的主要特点是：

*对网络故障的适应能力较强；

*对短报文通信传输效率比较高，因为收发双方的通信不需要呼叫建立和呼叫消除阶段；

*数据分组传输延时较大，且离散性大。

4. 分组交换网的协议—X. 25 建议

略。

7. 2. 2. 5 路由选择与拥塞控制

1. 路由选择

在分组交换网中, 节点(或分组交换机)为分组选择较好路由的方法称为路由算法。

(1) 确定性路由算法

(2) 自适应路由算法

2. 拥塞控制

(1) 拥塞控制的含义

- 。对实际网络来说, 网络的这些资源总是有限的。
- 。如果在某段时间内, 用户对网络的某种资源需求超过网络能够提供该资源的能力,

网络的性能(延时增大、吞吐量减小)就会下降, 这种情况称为拥塞(或拥挤)。

- 。造成拥塞和死锁的原因：由于报文(或数据分组)无限制地进入网内。
- 。解决方案：适当控制进入网内的信息流(或报文流或分组流)。

(2) 拥塞控制的方法

- 1) 缓冲器的预分配
- 2) 丢弃数据分组
- 3) 利用许可证限制入网分组数

7. 2. 3 局域网

7. 2. 3. 1 局域网研究的主要内容

计算机局域网(LAN)是目前应用最普遍且发展最迅速的信息网络之一,人们在建立某个局域网之前,关心或考虑的主要问题归纳起来包括以下几个方面:

- * 局域网的应用领域。
- * 局域网的拓扑结构
- * 局域网的传输介质。
- * 局域网的标准或协议。
- * 局域网的介质访问控制方法。

7. 2. 3. 2 介质访问控制方法

1、介质访问控制方法的分类

一类是每个站都经过某个分组交换机、复用器或集线器的一个专用端口实现对网络的访问。

另一类是共用一条公共信道的所有站通过竞争的方式实现对网络的访问，即介质访问控制方法。

2. 介质的控制访问技术：轮询

(1) 轮叫轮询

(2) 传递轮询

(3) 轮叫轮询与传递轮询的比较和应用

下面是有关资料通过对上述两种轮询方法的分析相比较的结论：

*在同等条件下，传递轮询的帧延时小于轮叫轮询的延时；

*站间距离越大，传递轮询的效果越比轮叫轮询好；

*传递轮询在站间距离小、通信量大时的优点不明显；

*传递轮询系统的复杂性和价格比较叫轮询高，应用没有后者广泛。

3. 介质的随机访问技术

7. 2. 3. 3 逻辑链路控制协议简介

1. 逻辑链路控制协议的基本内容

LLC 子层向网络层主要提供以下 3 种类型的服务:

- * 不确认无连接服务(即数据报服务)
- * 面向连接服务(虚电路服务)。
- * 带确认的无连接服务(又称可靠的数据报)。

2. LLC 协议数据单元的结构

7. 2. 3. 4 IEEE802.3 标准 CSMA/CD 总线网

7. 2. 3. 5 IEEE 802.5 标准: 令牌环

7. 2. 3. 6 IEEE802.4 标准: 令牌总线环

7. 3 计算机网络的应用与发展

7. 3. 1 高速局域网技术

1、高速局域网发展的动力

- 。近 30 年来，计算机的处理速度提高了百万倍，而计算机网络速率只提高了上千倍。
- 。一方面，用户对分布计算、多媒体应用、网络互联的需求日益增长，要求有更高的网络速率和频宽；
- 。另一方面，计算机性价比不断提高，刺激用户进行更复杂的、数据速率更高的开发应用(如声音、图像和图形等方向的各种应用)。
- 。因此，10Mb/s 网络能提供的网络带宽难以满足人们的需求，网络速率成为制约整个信息系统发展的瓶颈，急待提高。

2、100BASE—T 技术

3、100VG—AnyLAN 技术

- 4、FDDI (光纤分布数据接口) 技术
- 5、交换式 LAN (Switched LAN) 技术
- 6、千兆位以太网技术

7. 3. 2 高速广域网技术

- 。计算机处理速度的迅速提高和广大用户对数据、声音、图像等多媒体信息空时传输的要求，也是驱动高速广域网发展的主要因素。
- 。要发展高速广域网，既要解决传输信道的频带宽度问题，又要提高广域网中各个节点处理与转发信息的速度。
- 。随着光纤技术的发展与应用，信号的传输质量不断提高，传输介质的带宽和速率问题将得到解决，而网络的交换系统的速率和带宽成为制约整个广域网向高速、实时方向发展的瓶颈。

- 1、分布队列双总线(DQDB)技术
- 2、交换式多兆比数据服务(SMDS)技术
- 3、帧中继(Frame Relay)技术
- 4、异步转移模式(ATM)技术

7. 3. 3 网络互联技术

1、网络互联的概念

网络互联是指多个计算机网络之间的连接。

网络互联技术就是使一个网络上的用户能够访问其他网络，以实现不同网络中的资源共享的技术。

2、网络互联设备及主要功能

(1) 中继器

中继器(repeater)又称为转发器，是在物理层上实现局域网网段互联的，用于扩展局域网的作用范围。

(2) 网桥

网桥(bridge)是工作在数据链路层的媒体访问子层(MAC)的一种帧存储转发装置，用于连接相似类型的局域网。

(3) 路由器

路由器(router)是实现网络层互联的设备,它提供了下三层的各种网络协议、各种速率的链路或子接口。

(4) 网关

网关(gateway)是指工作于传输层及其以上层次的网络互联设备。

3、因特网(Internet)

- (1) Internet 的由来
- (2) TCP / IP 协议
- (3) Internet 中主机的标识
- (4) Internet 提供的主要服务
- (5) Internet 的新发展

7. 3. 4 移动数据通信技术

1、移动数据通信的概念

所谓移动数据通信——指用户通过无线网络，利用无线数据终端在固定地点或在运动中与其他数据终端交换数据、传递文件、提取资料以及访问数据库的过程。

移动数据通信是人们对移动通信的新需求，它可以在许多情况下解决有线数据通信及其网络不能满足的用户数据传输的要求，使用户可以随时随地进行数据信息的传递与交换。

无线网络是一个完整的通信系统，具有以下主要特性：

- ***无线传输**：对于通信线路比较紧张的地区更适宜；
- ***安装简便**：由于是无线系统，基本可以做到即开即通；
- ***费用低廉**：用户省去了线路费、通信费也相对较低；
- ***应用广泛**：终端用户既可以是固定用户，也可以是移动用户；
- ***透明传输**：用户不区分所用的线路是有线还是无线。

2、移动数据通信的关键技术

从网络技术、终端技术和通信接口技术 3 个方面来看，移动数据通信网主要采用了

以下关键技术：

- * 网络管理技术。
- * 扩展频谱通信技术。
- * 无线接入技术。
- * 数据通信终端的高性能和小型化技术。

3、移动数据通信网

移动数据通信网按其采用的技术通常分为

蜂窝移动数据通信网；

蜂窝数字分组数据通信网；

微蜂窝数据通信网；

无线局域网；

双向移动数据通信网；

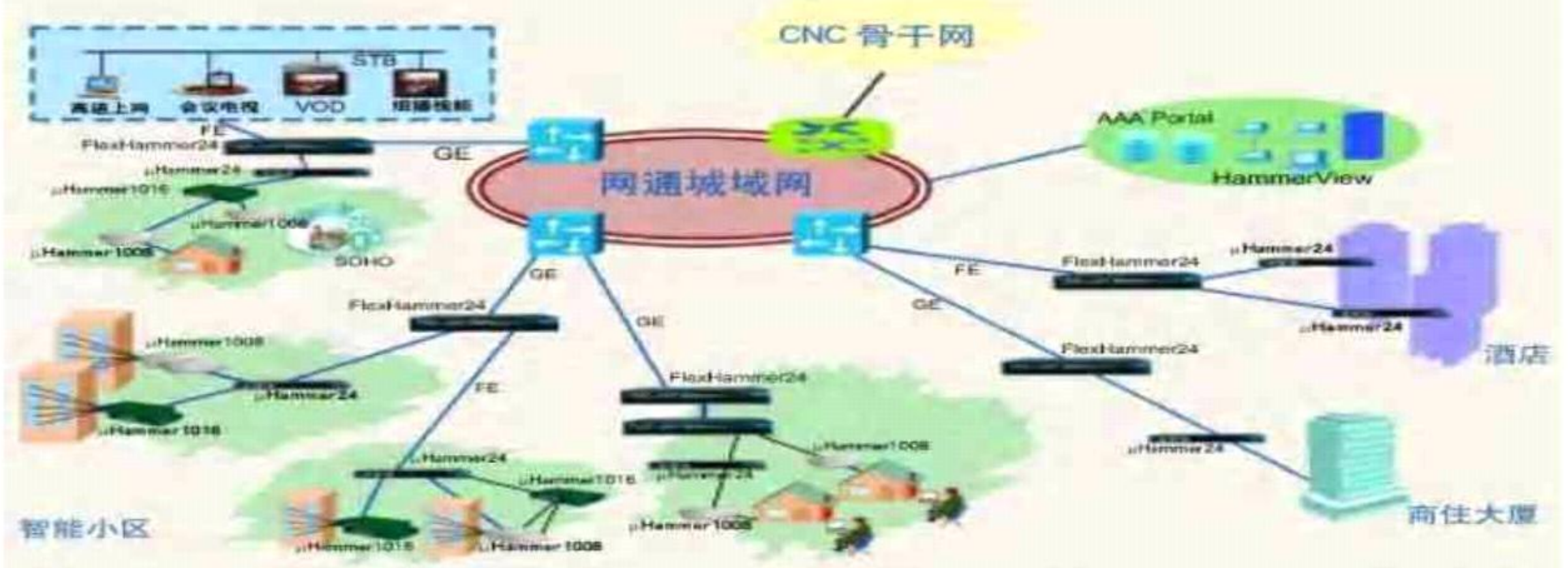
无线数据广播网和 POS 系统。

4、移动数据通信的发展

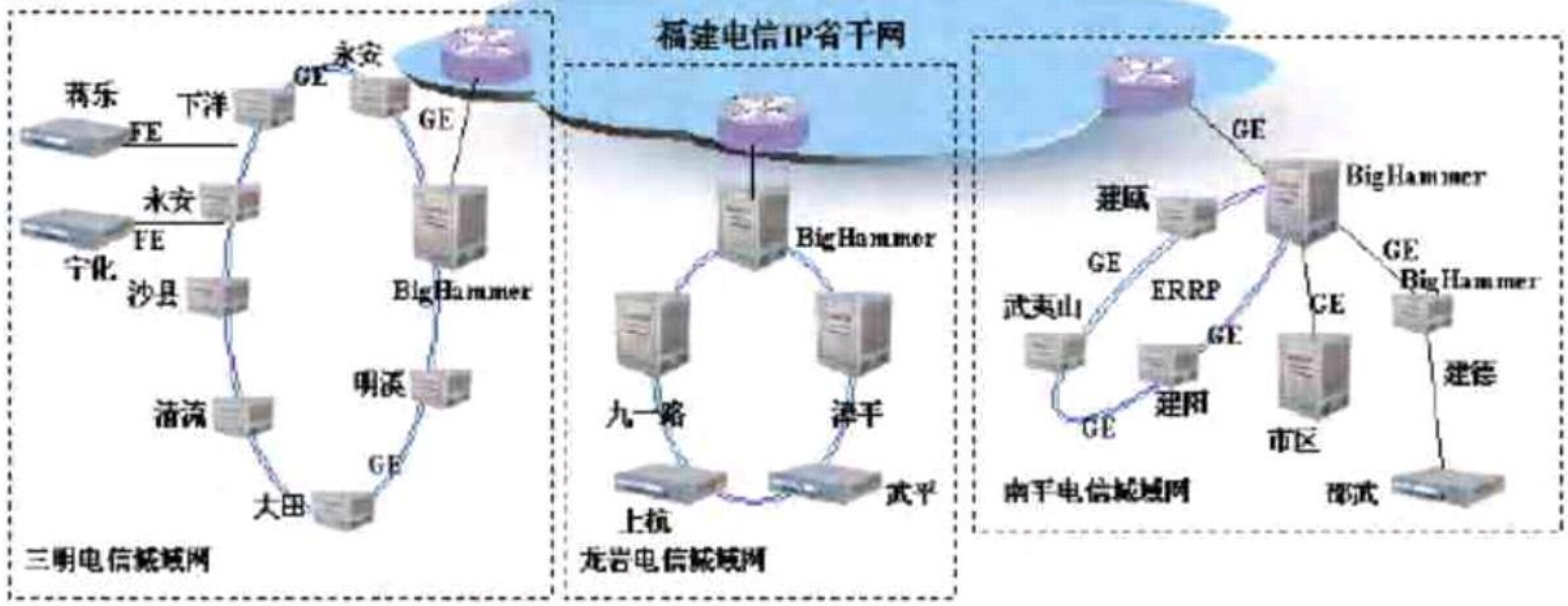
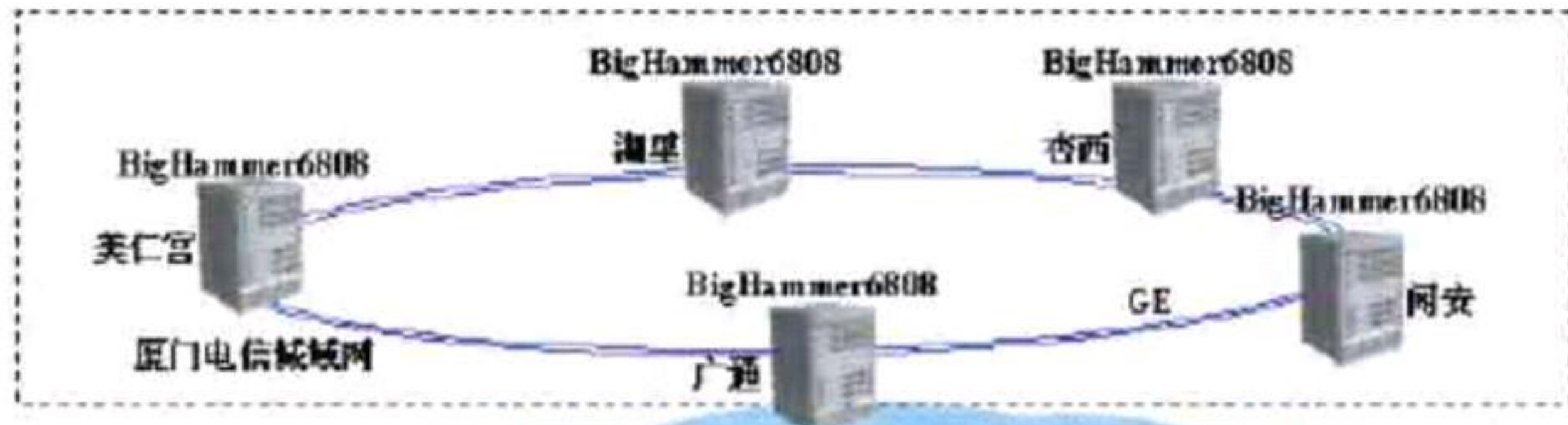
- 。移动通信和 IP 是通信行业中两个发展最快的领域，它们的结合（移动多媒体通信）无疑是移动通信的发展方向。
- 。现有的第二代数字蜂窝系统仅能满足话音和低、中速数据业务的需求。
- 。以提供移动多媒体业务为特征的第三代移动通信能提供高达 2Mb / s 速率的业务，而且在频谱利用率和业务能力上都有较大的提高。
- 。数据网和通信网络融合的未来核心网络将采用 IP 结构。
- 。IP 将是数据、话音、多媒体联网以及固定和移动应用的融汇层。
- 。核心 IP 技术的应用使得网络服务器可采用分布式结构，允许第三方开发商扩展网络功能，并利用智能网技术提供更多的增值服务。

计算机网络应用实例

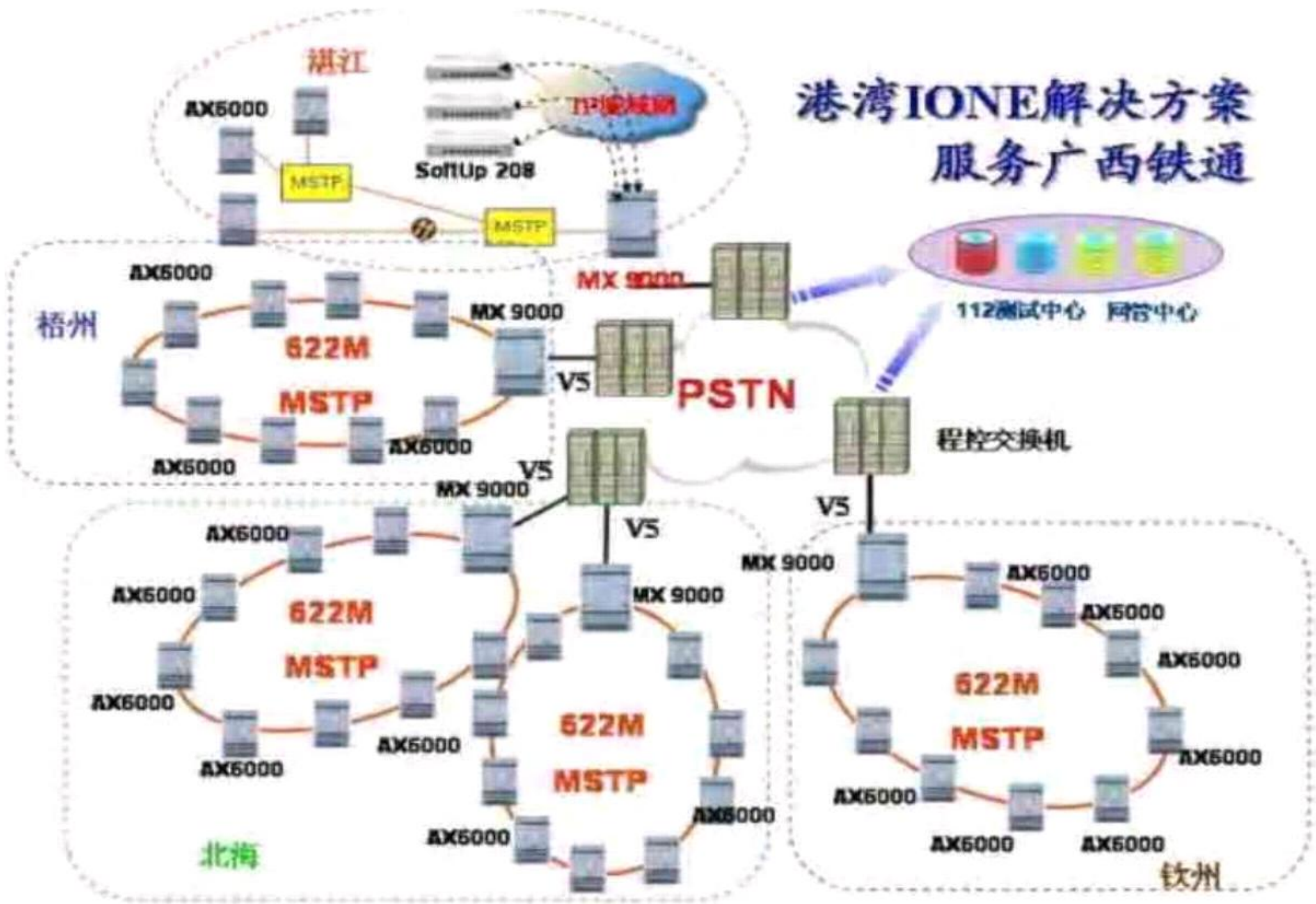
Hammer 产品规模应用于北京网通

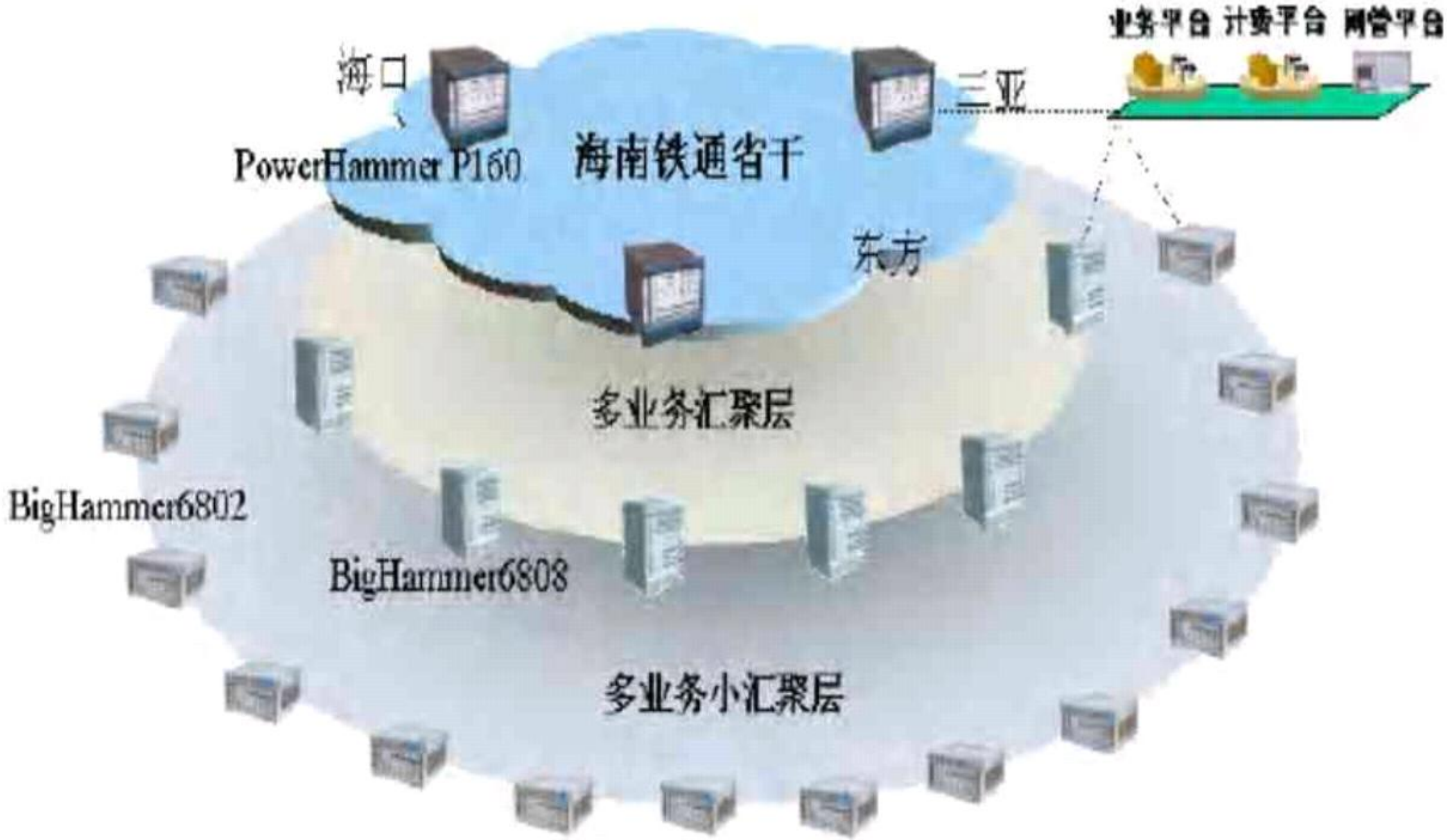


北京网通大规模运用港湾网络公司 Hammer 系列产品近 300 台设备建设宽带智能小区，实现了 12 个小区 1 万端口的宽带接入，且规模在迅速扩大。Hammer 系列产品先进的技术性能和独特的产品特点，支持 VOD 点播，以太网电话等丰富的宽带业务为小区用户提供了稳定、高速的宽带上网，同时提供灵活的组网方式和简便的网络维护管理。

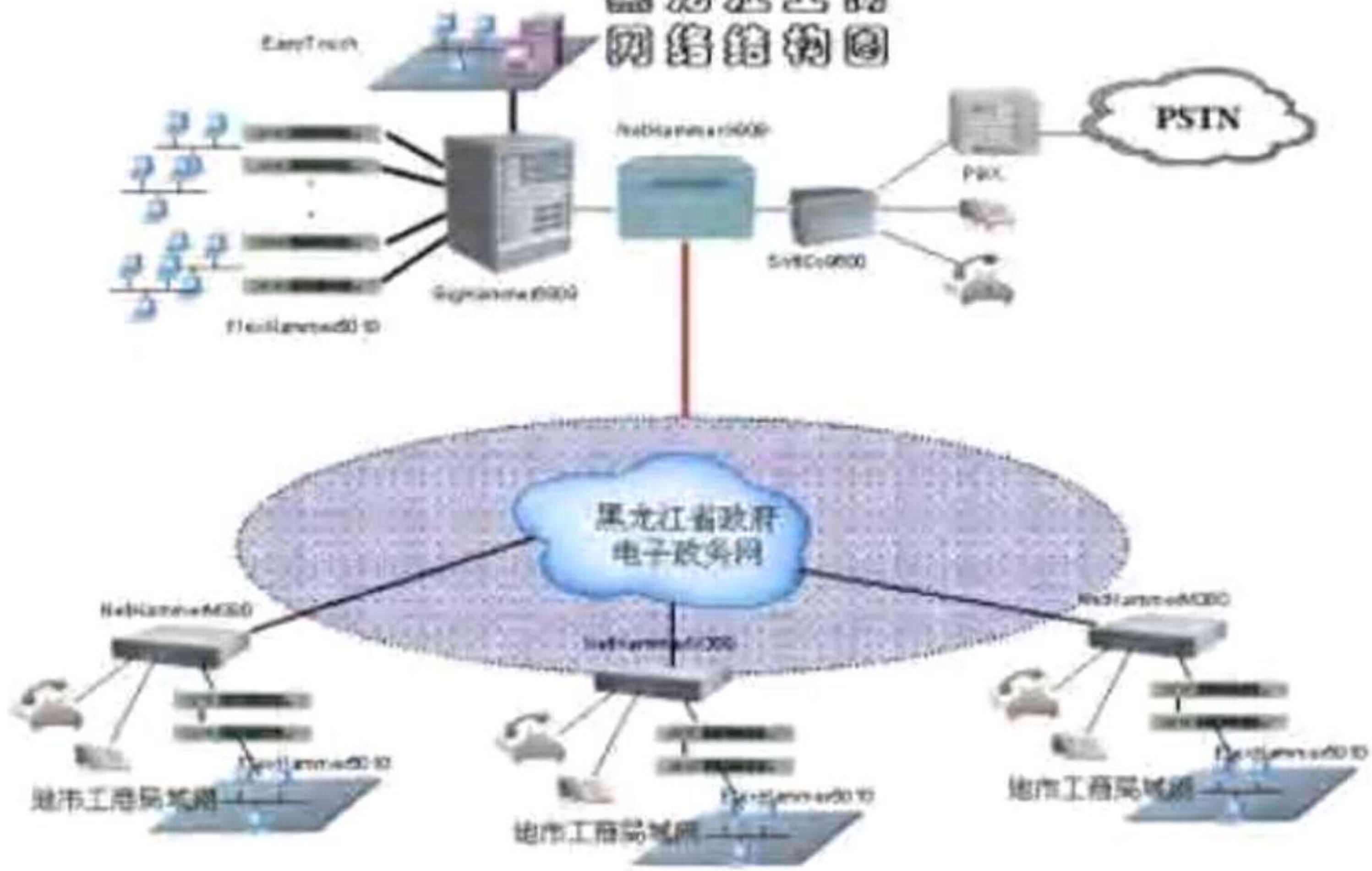


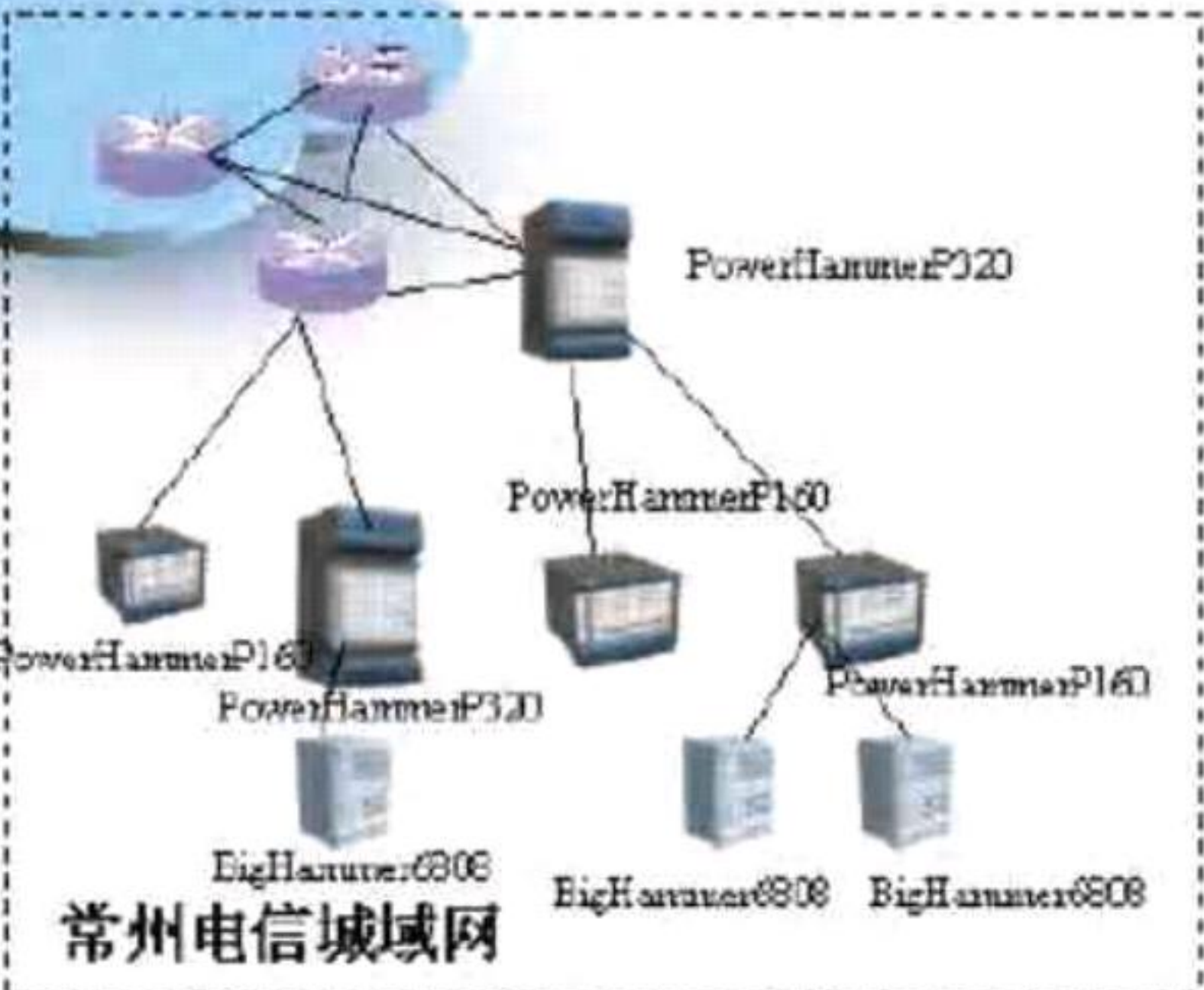
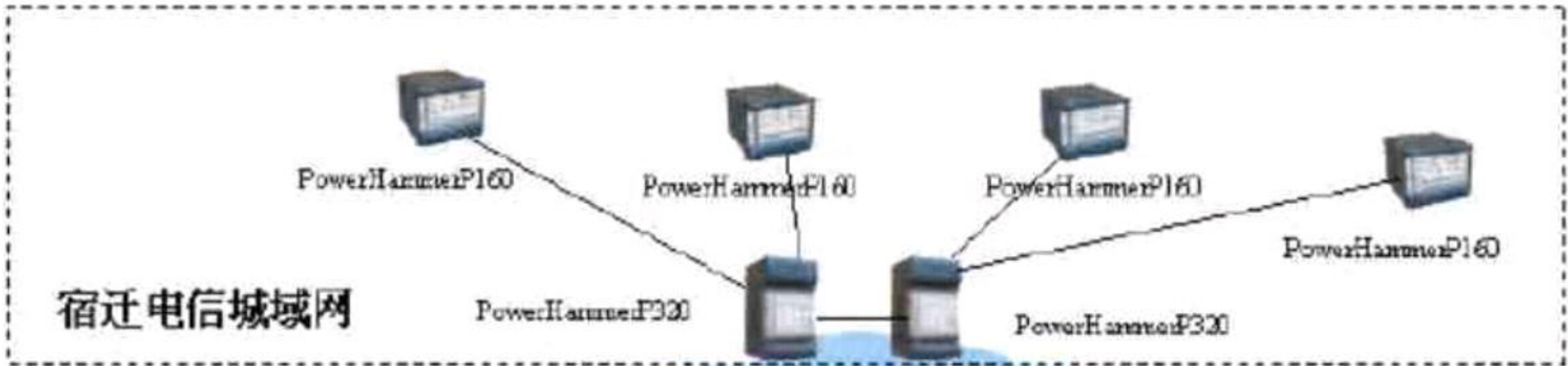
港湾 IONE 解决方案 服务广西铁通



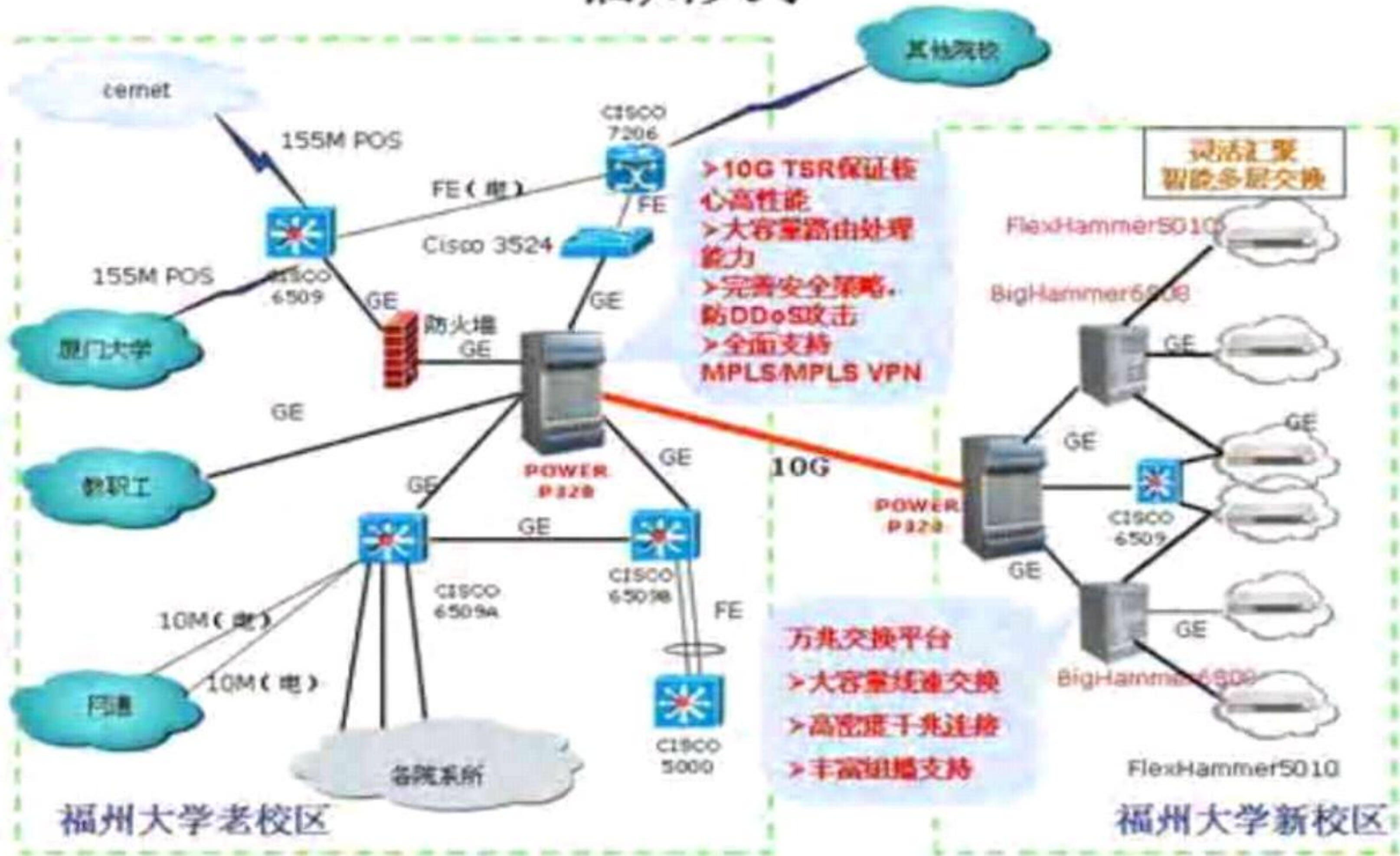


黑龙江工商网络结构图

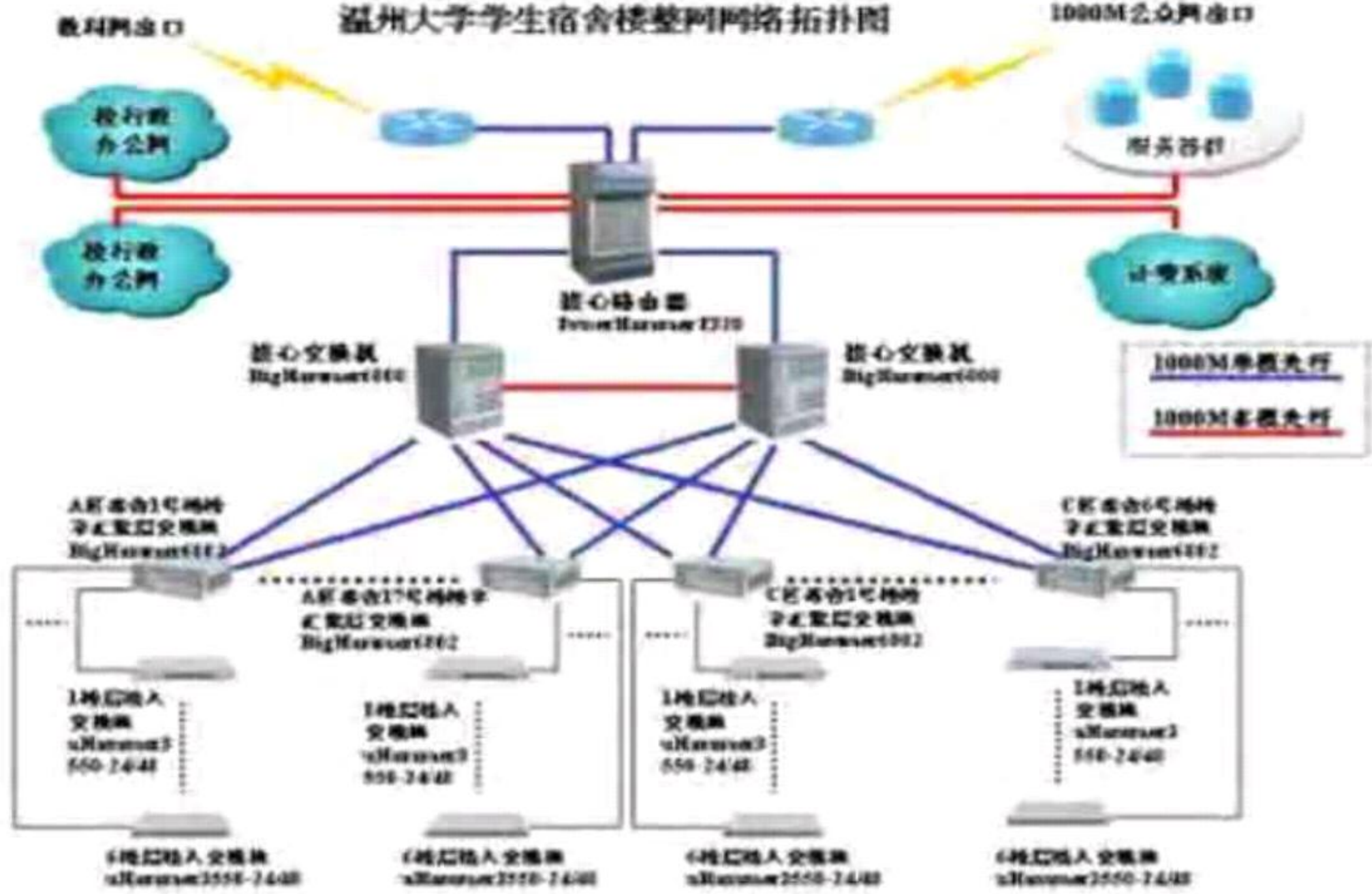




福州大学



温州大学学生宿舍楼整网网络拓扑图



中国人民大学校园网拓扑示意图

