



西北師範大學
NORTHWEST NORMAL UNIVERSITY

计算机网络

第三章 数据链路层 (2)

陈旺虎

chenwh@nwnu.edu.cn



第 3 章 数据链路层

3.1 使用点对点信道的数据链路层

3.2 点对点协议 PPP

3.3 使用广播信道的数据链路层

3.4 使用广播信道的以太网

3.5 扩展的以太网

3.6 高速以太网

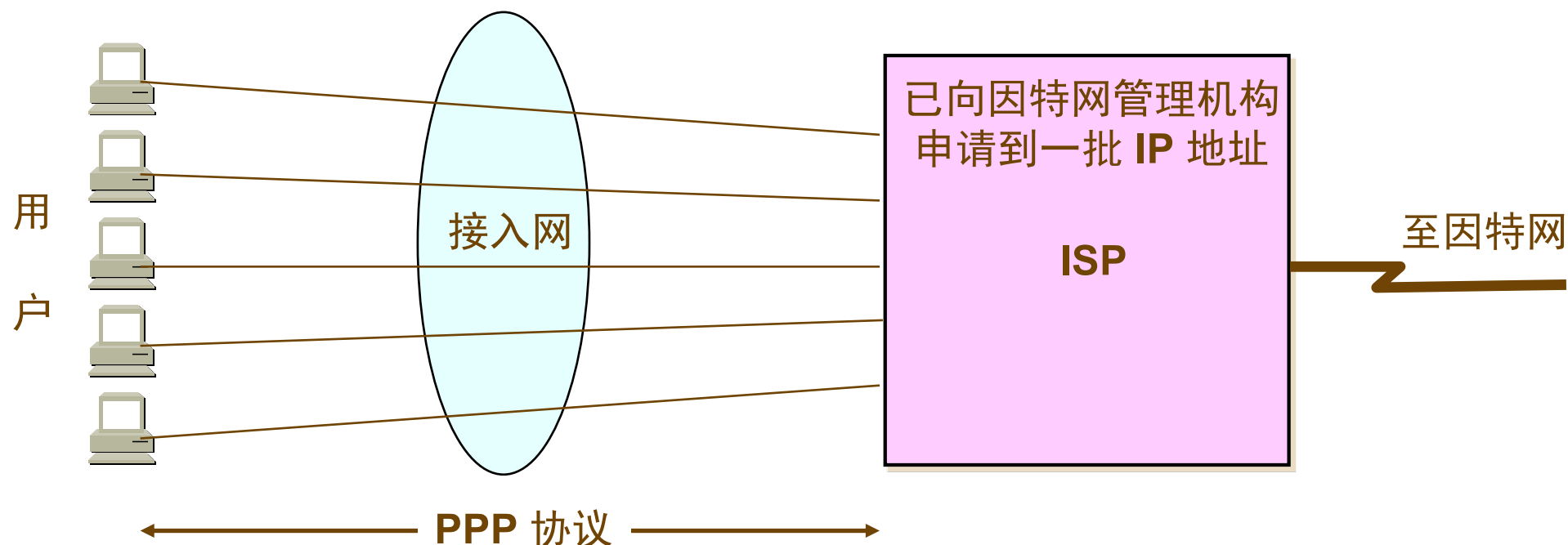
3.7 其他类型的高速局域网接口

3.2 点对点协议PPP

- 数据链路层解决的三个主要问题
- 在通信线路质量较差时，数据链路层曾使用可靠传输协议
 - ▣ 例如：HDLC
 - ▣ HDLC现在很少使用，最为广泛使用的是点对点的PPP协议（简单）

3.2.1 PPP协议的特点

用户到 ISP 的链路使用 PPP 协议



1. PPP 协议的定位

应满足如下需求：

- 简单——这是**首要的要求**
 - ▣ 可靠传输交给TCP协议；IP协议力求简单，不提供可靠传输；可提高不同厂商协议实现的互操作性
- 封装成帧：规定帧定界符
- 透明性
- 多种网络层协议
- 多种类型链路
 - ▣ 串/并，同步/异步，光/电，交换/非交换。
 - ▣ 例如：PPoE (PPP over Ethernet)，将PPP帧封装在以太网帧中，以适应多种类型链路

PPP协议应满足的需求

- 差错检测
 - ▣ CRC差错检测
 - ▣ 丢弃出现差错的帧，节约网络资源
- 检测连接状态
- 最大传送单元（MTU）
 - ▣ 数据部分的最大长度；针对每种类型的链路，能设置MTU
- 网络层地址协商
- 数据压缩协商
 - ▣ 但对具体的压缩算法进行必准化

PPP协议不需要的功能



- 纠错
- 流量控制
- 序号
- 多点线路
- 半双工或单工链路

2. PPP协议的组成

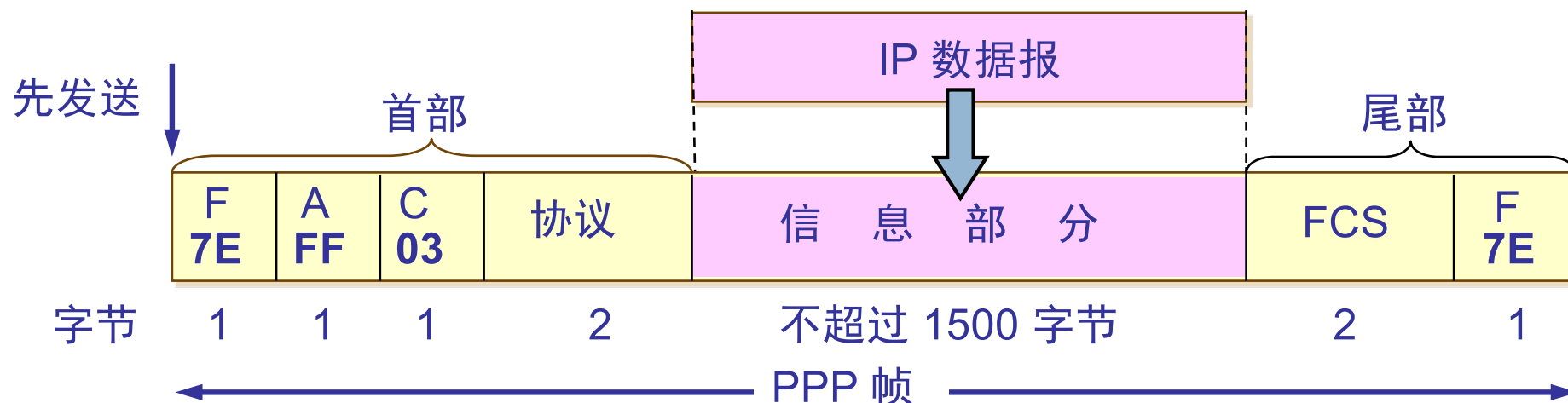
□ PPP协议的产生

- ▣ 1992 年制订；1993 年和 1994 年修订，现已成为因特网的正式标准[RFC 1661]。

□ PPP 协议有三个组成部分

- ▣ 一个将 IP 数据报封装到串行链路的方法
- ▣ 链路控制协议 LCP (Link Control Protocol): 建立、配置和测试数据链路连接
- ▣ 一套网络控制协议 NCP (Network Control Protocol): 支持不同的网络层协议

3.2.2 PPP协议的帧格式



- 标志字段 $F = 0x7E$
 - 二进制表示: 01111110;
 - 连续两个帧间只用一个F字段, 连续两个F字段表示一个空帧
- 地址字段 A 和控制字段 C
 - 分别规定为 0xFF 和 0x03
 - 至今未做具体定义

PPP协议的帧格式

- 协议字段（2字节）：
 - ▣ 表明PPP帧中信息部分的作用。
 - ▣ 当协议字段为 0x0021 时，PPP 帧的信息字段就是IP 数据报
 - ▣ 若为 0xC021，信息字段是PPP链路控制数据
 - ▣ 若为 0x8021，则表示这是网络层的控制数据
- PPP 是面向字节的
 - ▣ 所有的 PPP 帧的长度都是整数字节
- FCS字段
 - ▣ CRC帧检验序列

透明传输问题

- 当 PPP 用在同步传输链路时，协议规定采用硬件来完成**比特填充**。
 - ▣ 同步传输时，传输单位为帧（连续比特）
- 当 PPP 用在异步传输时，就使用一种特殊的**字节填充法**。
 - ▣ 异步传输时，传输单位为字符

字节填充

- 将信息字段中出现的每一个 0x7E 字节转变成成为 2 字节序列 (0x7D, 0x5E)。
- 若信息字段中出现一个 0x7D 的字节，则将其转变成成为 2 字节序列 (0x7D, 0x5D)。
- 若信息字段中出现 ASCII 码的控制字符（即数值小于 0x20 的字符），则在该字符前面要加入一个 0x7D 字节，同时将该字符的编码加以改变。

零比特填充

- PPP 协议用在 SONET/SDH 链路时，是使用同步传输（一连串的比特连续传送）。这时 PPP 协议采用零比特填充方法来实现透明传输。
- 在发送端，只要发现有 5 个连续 1，则立即填入一个 0。接收端对帧中的比特流进行扫描。每当发现 5 个连续1时，就把这 5 个连续 1 后的一个 0 删除。

零比特填充

信息字段中出现了和标志字段 F 完全一样的 8 比特组合 (7E)

0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 0 0 1 0 1 0

会被误认为是标志字段 F

发送端在 5 个连 1 之后填入 0 比特再发送出去

0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0

发送端填入 0 比特

在接收端把 5 个连 1 之后的 0 比特删除

0 1 0 0 1 1 1 1 1 0 1 0 0 0 1 0 1 0

接收端删除填入的 0 比特

不提供使用序号和确认的可靠传输

- PPP 协议之所以不使用序号和确认机制是出于以下的考虑：
 - ▣ 在数据链路层出现差错的概率不大时，使用比较简单的 PPP 协议较为合理。
 - ▣ 在因特网环境下，PPP 的信息字段放入的数据是 IP 数据报。数据链路层的可靠传输并不能够保证网络层的传输也是可靠的。
 - ▣ 帧检验序列 FCS 字段可保证无差错接受。

3.2.3 PPP协议的工作状态

□ 建立物理连接

- ▣ 当用户拨号接入 ISP 时，路由器的调制解调器对拨号做出确认，并建立一条物理连接。

□ 链路层配置

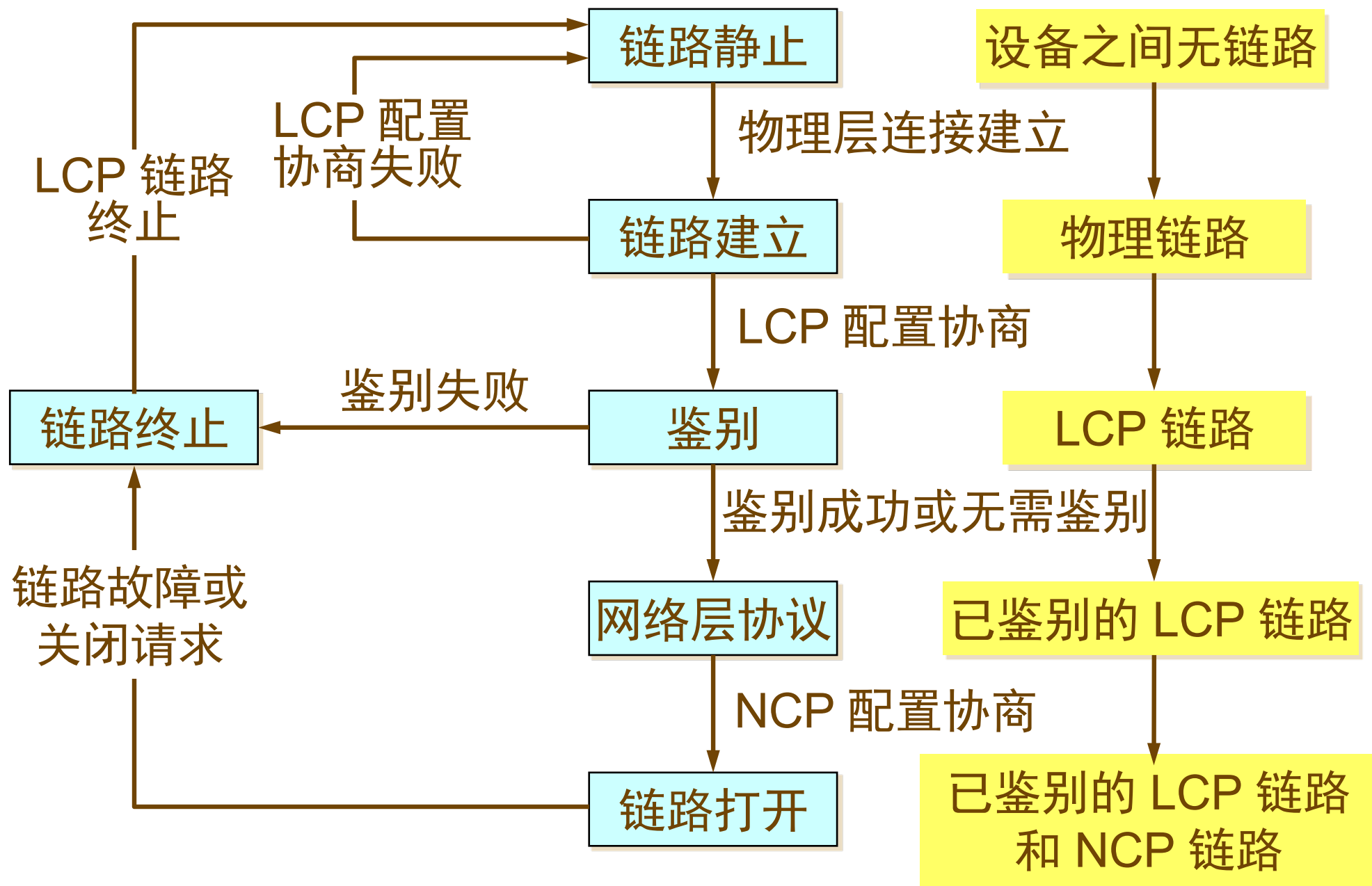
- ▣ PC 机向路由器发送一系列的 LCP 分组（封装成多个 PPP 帧），分组及其响应选择将要使用的PPP参数；

□ 网络层配置

- ▣ NCP 给新接入的 PC机分配一个临时的 IP 地址，使 PC 机成为因特网上的一个主机。

□ 释放连接

- ▣ 通信完毕时，NCP 释放网络层连接，收回原来分配出去的 IP 地址。
- ▣ 接着，LCP 释放数据链路层连接。最后释放物理层连接。



3.3 使用广播信道的数据链路层



- 广播信道
- 局域网

3.3.1 局域网的数据链路层

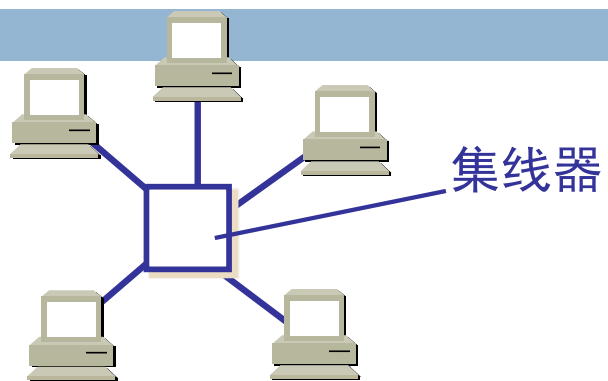
□ 局域网最主要的特点

- ▣ 网络为一个单位所拥有，且地理范围和站点数目均有限。

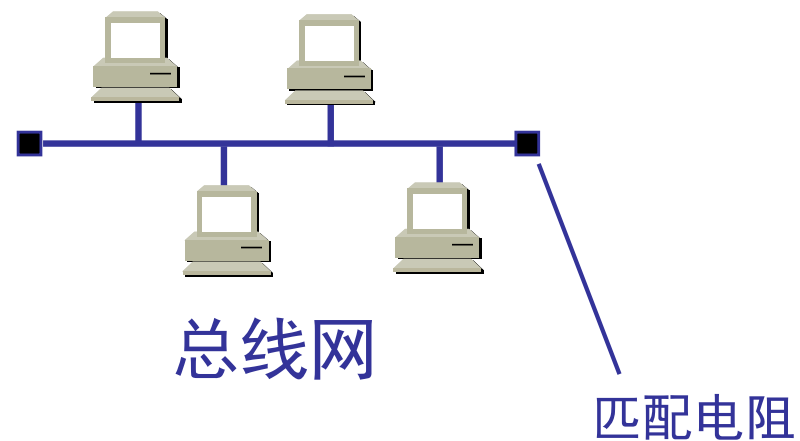
□ 局域网的主要优点

- ▣ 具有广播功能，从一个站点可很方便地访问全网。局域网上的主机可共享连接在局域网上的各种硬件和软件资源。
- ▣ 便于系统的扩展和逐渐地演变，各设备的位置可灵活调整和改变。
- ▣ 提高了系统的可靠性、可用性和生存性。

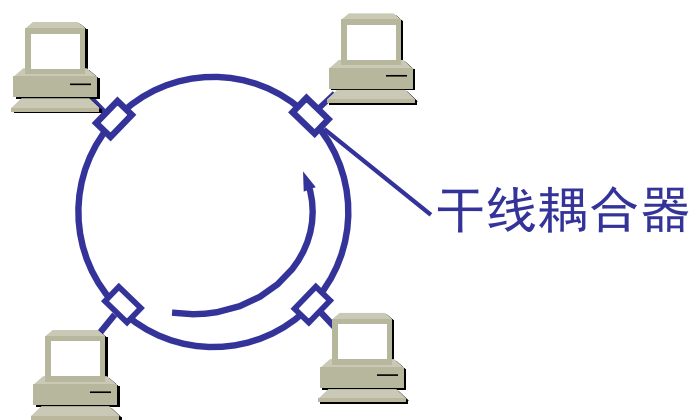
1. 局域网的拓扑



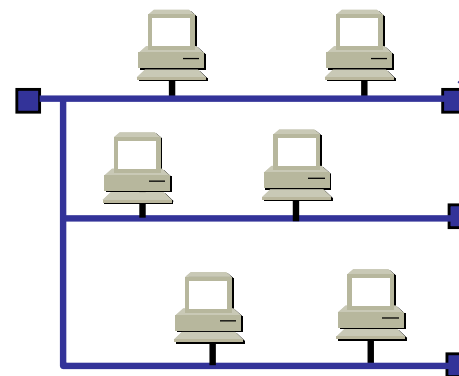
星形网



总线网



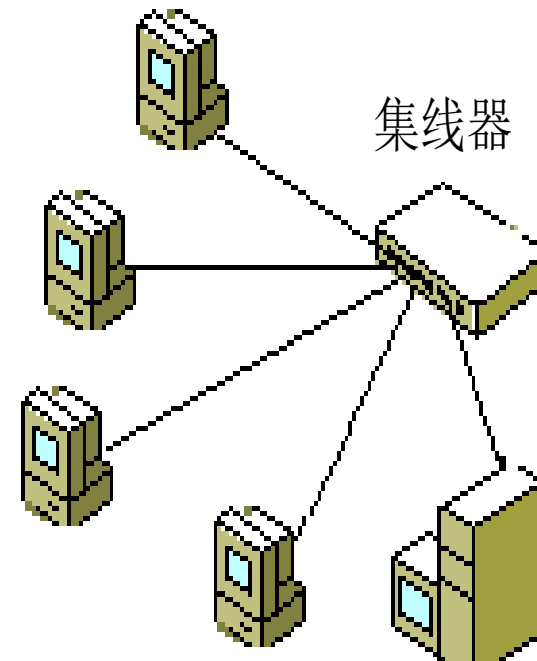
环形网



树形网

星型结构

- 由中心结点和通过点对点链路连接到中心结点的各站点组成
- 中心结点为主结点，接收各分散站点的信息再转发给相应的站点
- 目前几乎是Ethernet双绞线网络专用的，中心结点由集线器或者是交换机来承担





□ 星型拓扑结构的优点

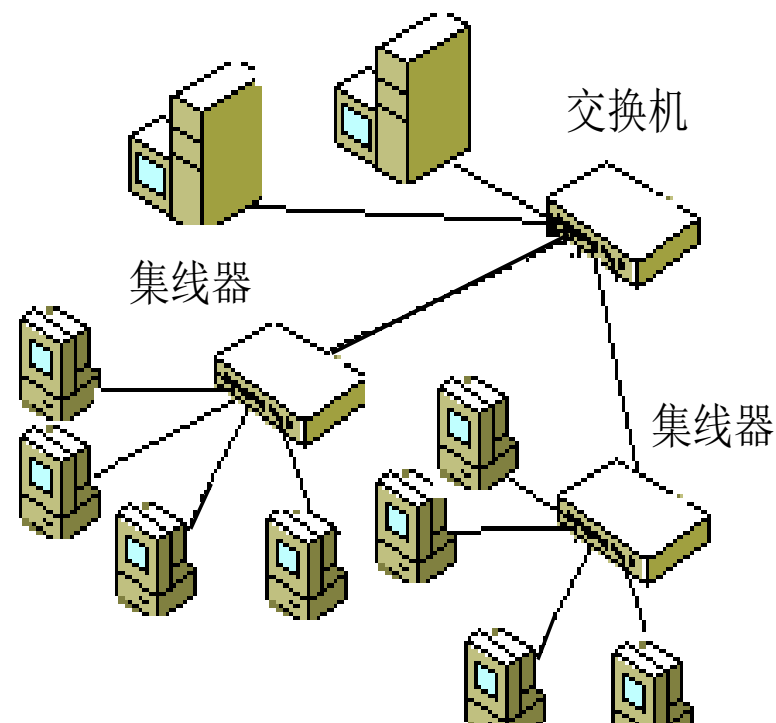
- ▣ 一条线路损坏，或与之相连的工作站出现故障时，不会对整个网络造成大的影响，而仅会影响该工作站
- ▣ 网络的扩展容易
- ▣ 控制和诊断方便
- ▣ 访问协议简单

□ 星型拓扑结构的缺点

- ▣ 过分依赖中心结点

层次结构（树形结构）

- ▣ 形状象一棵倒置的树，顶端有一个带有分支的根，每个分支还可延伸出子分支。
- ▣ 是一种分层的结构，适用于分级管理和控制系统。
- ▣ 与其它拓扑的主要区别在于其根的存在。分支节点发送数据时，根接收该信号，然后再重新广播发送到全网。
- ▣ 与星型拓扑相比，由于通信线路总长度较短，故它的成本低，易于推广，但结构较星型复杂



□ 树型拓扑结构有以下优点

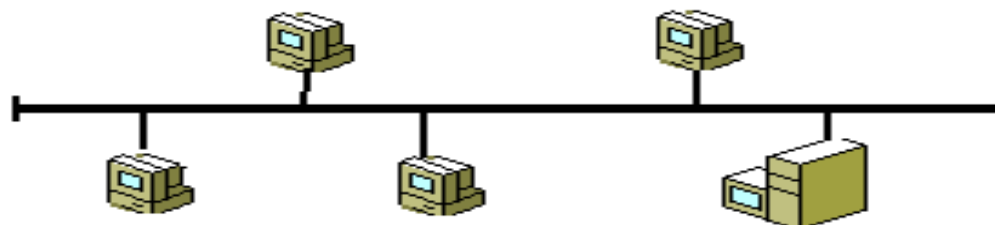
- ▣ 易于扩展
- ▣ 故障隔离容易，如果某一分支的节点或线路发生故障，很容易将这分支和整个系统隔离开来

□ 树型拓扑的缺点

- ▣ 对根的依赖性太大，如果根发生故障，则全网不能正常工作，因此这种结构的可靠性与星型结构相似

总线形结构

- 总线型拓扑结构采用单根传输线作为传输介质，所有的站点均通过相应的硬件接口直接连接到传输介质或称总线上
- 各工作站地位平等
- 无中心结点控制



- 总线型拓扑结构的总线大都采用同轴电缆。
- 某个站点发送报文，其传送的方向总是从发送站点开始向两端扩散
 - ▣ 如同广播电台发射的信息一样，又称为广播式计算机网络
 - ▣ 在总线网络上的所有站点都能接收到这个报文，但并不是所有的都接收，而是每个站点都会把自己的地址与这个报文的目的地地址相比较，只有与这个报文的目的地地址相同的工作站才会接收报文

□ 总线型拓扑结构的主要优点：

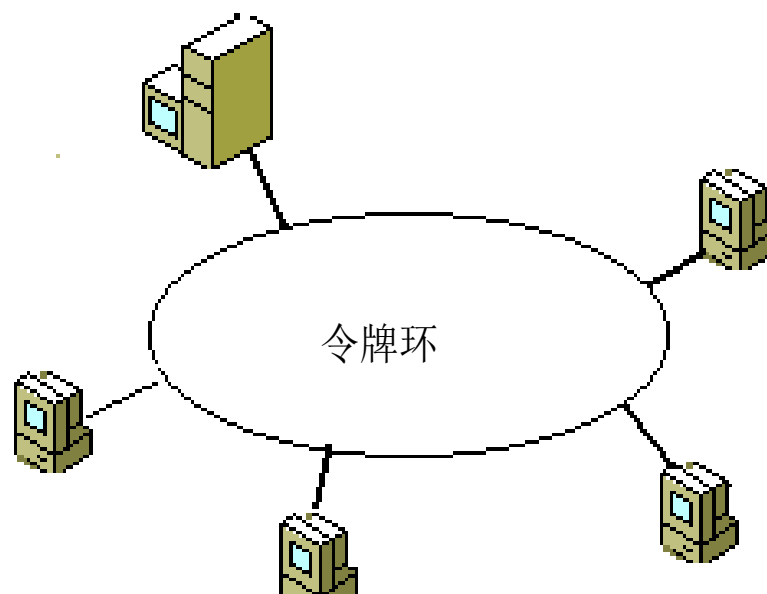
- 从硬件观点来看总线型拓扑结构可靠性高。因为总线型拓扑结构简单。
- 易于扩充，增加新的站点容易。
- 使用电缆较少，且安装容易；使用的设备相对简单，可靠性高。

□ 总线型拓扑结构存在故障隔离困难的缺点：

- 在星型拓扑结构中，一旦检查出哪个站点出故障，只需简单地把连接拆除即可。
- 在总线型拓扑结构中，如果某个站点发生故障，则需将该站点从总线上拆除
- 如传输介质故障，则整个这段总线要切断和变换。

环型拓扑结构

- 若干中继器通过点到点的链路首尾相连形成一个闭合的环，使公共使用电缆形成环型连接
- 数据在环路上沿着一个方向在各节点间传输
 - ▣ 中继器以同样的速度串行转发收到的数据，不缓存
- 每个站对环的使用权是平等的，所以存在对于环型线路的“争用”和“冲突”问题



环型拓扑网的工作原理

- 发送报文的工作站（发送站）将报文分成报文分组，控制信息中含有目的地址
- 发送站依次把每个报文分组送到环路上，然后通过其它中继器进行循环
- 仅有目的地址匹配的工作站才接收该报文分组，并将分组拷贝下来
- 当该报文分组在环路上绕行一周重新回到发送站时，由发送站把这些分组从环路上摘除。

□ 优点

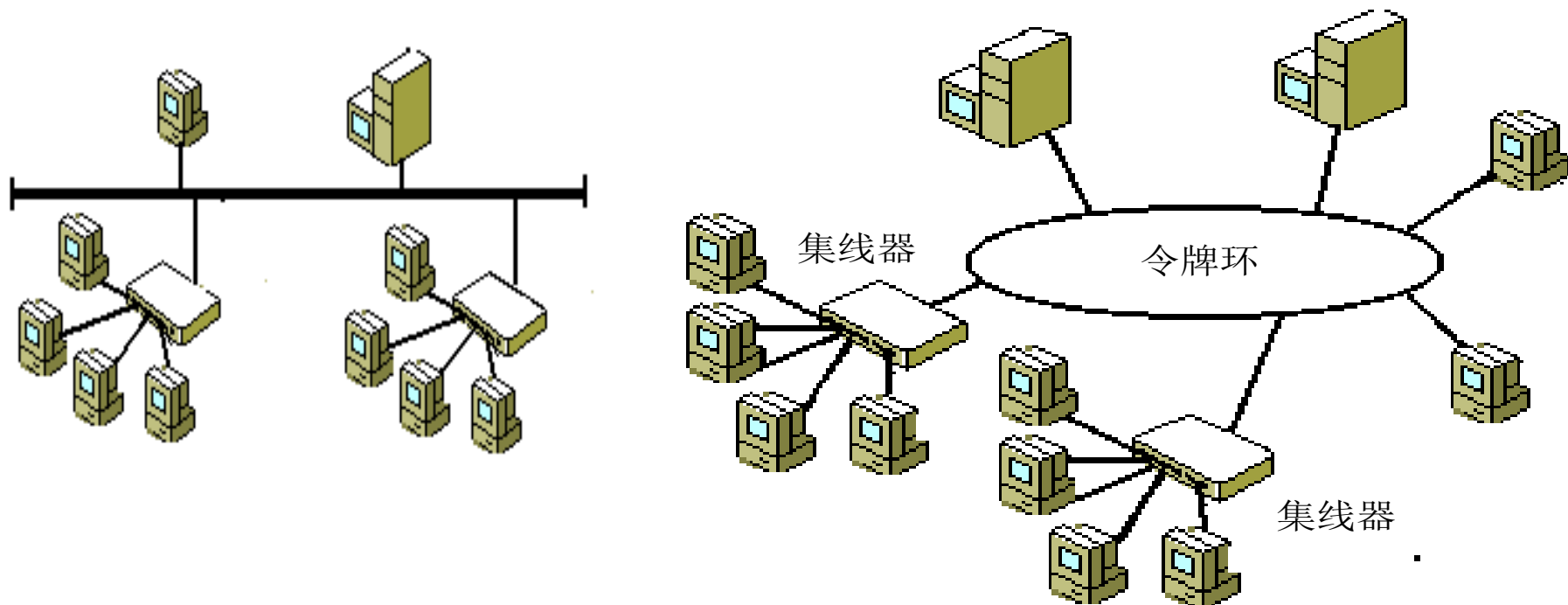
- 路由选择控制简单
- 电缆长度短
- 适用于光纤：光纤传输速度快，而环型拓扑是单向传输，十分适用于光纤这种传输介质。

□ 缺点

- 结点故障引起整个网络瘫痪。
- 诊断故障困难。因为某一结点故障会使整个网络都不能工作，但具体确定是哪一个结点出现故障非常困难，需要对每个结点进行检测

混合型拓扑结构

- 比较常见的有：星型/总线拓扑和星型环拓扑



2. 媒体共享

□ 静态划分信道

- ▣ 用户只要分配到信道就不会和其他用户发生冲突
- ▣ 例如：频分复用；时分复用；波分复用；码分复用
- ▣ 代价高，不适合于局域网

□ 动态媒体接入控制（多点接入）

- ▣ 信道并非在用户通信时固定分配给用户，可分为
 - 随机接入：随机发送，可能产生冲突
 - 受控接入：不可随机发送，服从一定的控制，例如令牌环、集中控制的多点线路探测(polling)或轮询（目前很少使用）。

3. 传统以太网的两个标准

□ (1) DIX Ethernet V2

- ▣ 世界上第一个局域网产品（以太网）的规约
- ▣ DEC、Intel和Xerox三家公司在1980年公布了DIX V1。1982年，修改为DIX以太网2.0规范（Ethernet II或DIX V2）。

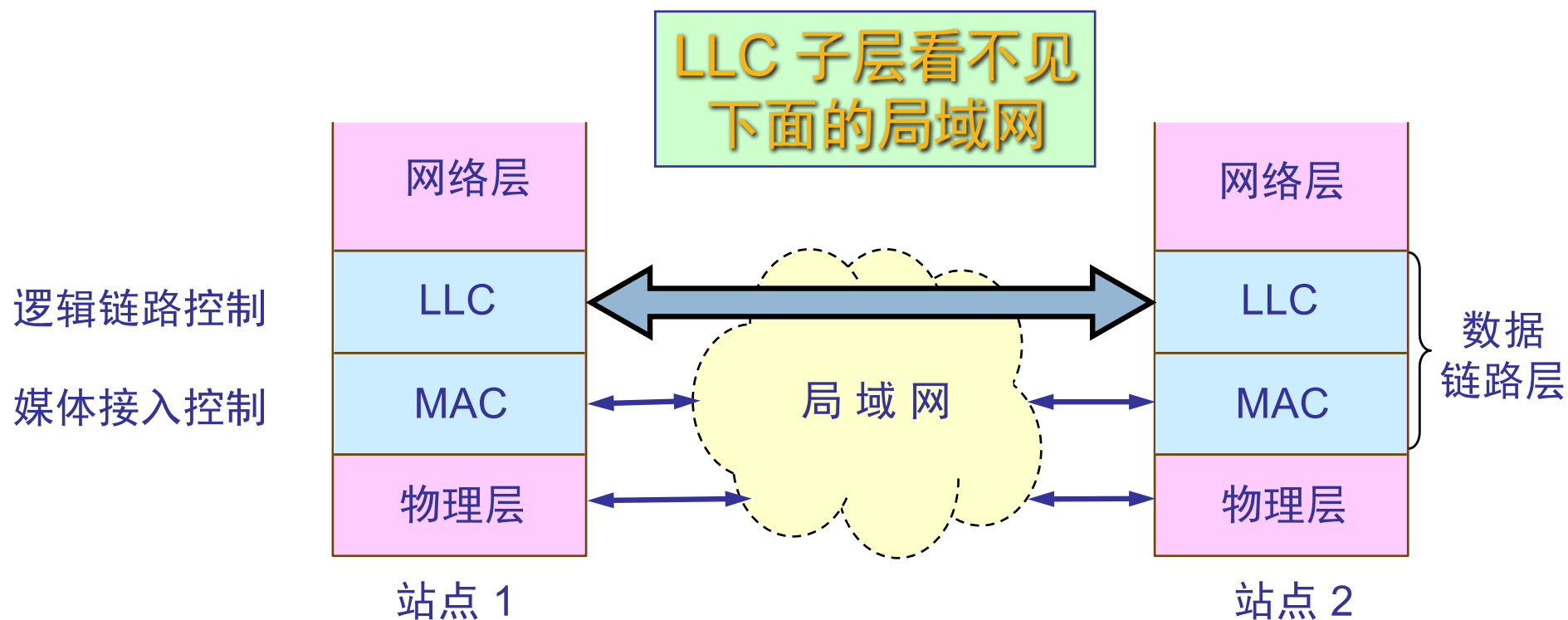
□ (2) IEEE 的 802.3 标准

- ▣ DIX Ethernet V2 标准与 IEEE 的 802.3 标准只有很小的差别，因此可以将 802.3 局域网简称为“以太网”
- 严格说来，“以太网”应当是指符合 DIX Ethernet V2 标准的局域网

数据链路层的两个子层

- 为了使数据链路层能更好地适应多种局域网标准，802委员会将局域网的数据链路层拆成两个子层：
 - ▣ 逻辑链路控制 LLC (Logical Link Control)子层
 - ▣ 媒体接入控制 MAC (Medium Access Control)子层
- 与接入到传输媒体有关的内容都放在 MAC子层
- LLC 子层则与传输媒体无关，不管采用何种协议的局域网对 LLC 子层来说都是透明的

局域网对 LLC 子层是透明的



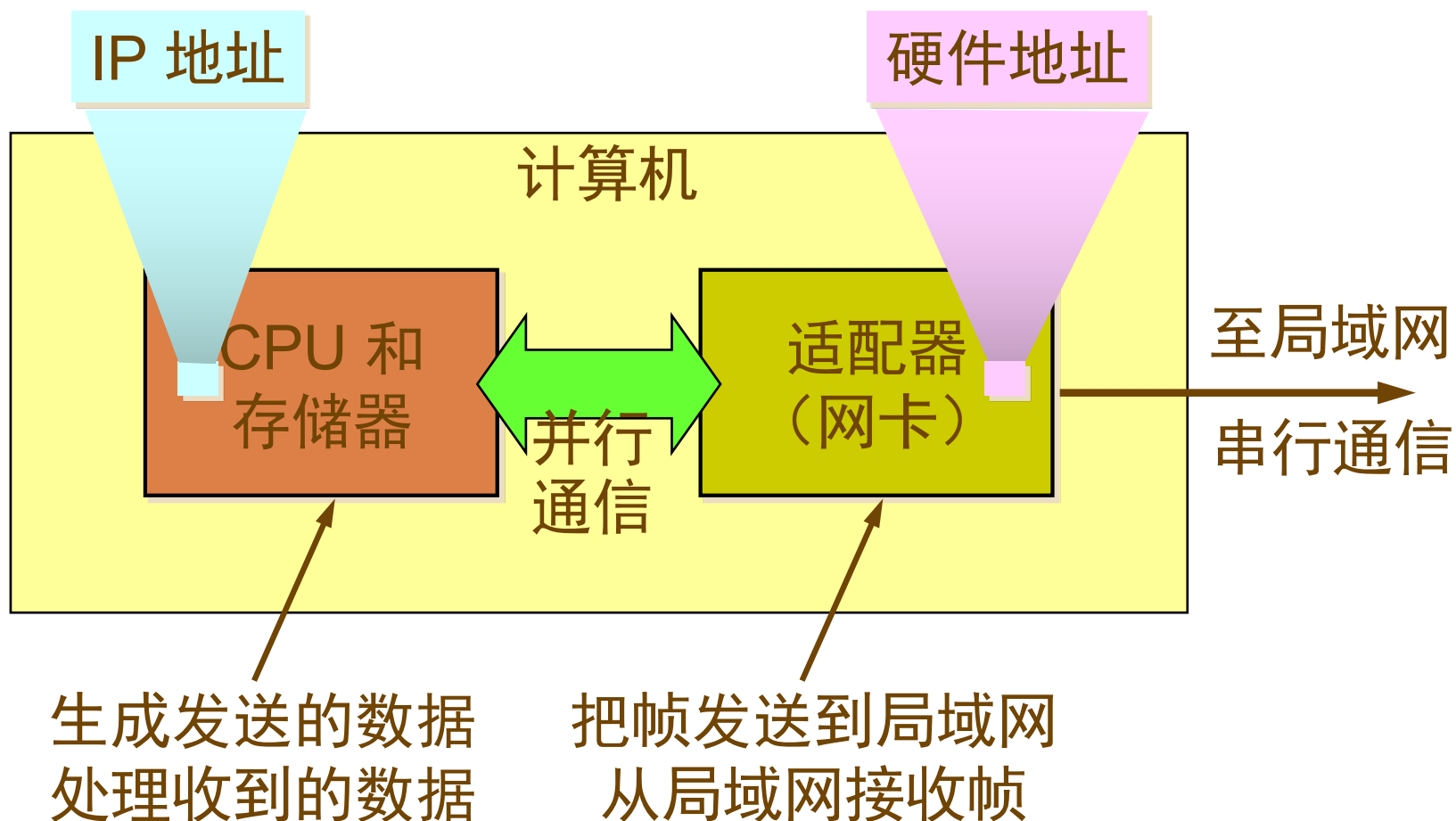
以后一般不考虑 LLC 子层

- TCP/IP 体系经常使用的局域网是 DIX Ethernet V2，而非 802.3 标准中的几种局域网
- 因此，现在 802 委员会制定的逻辑链路控制子层 LLC（即 802.2 标准）的作用已经不大了。
- 现在，很多厂商生产的适配器上就仅装有 MAC 协议，而没有 LLC 协议。

4. 适配器

- 计算机与外部网络通信，需要通信适配器
- 网络接口板/通信适配器/网络接口卡 NIC /网卡
- 适配器的重要功能：
 - ▣ 进行串行/并行转换。
 - ▣ 对数据进行缓存。
 - ▣ 实现以太网协议。

计算机通过适配器和局域网进行通信



适配器的作用

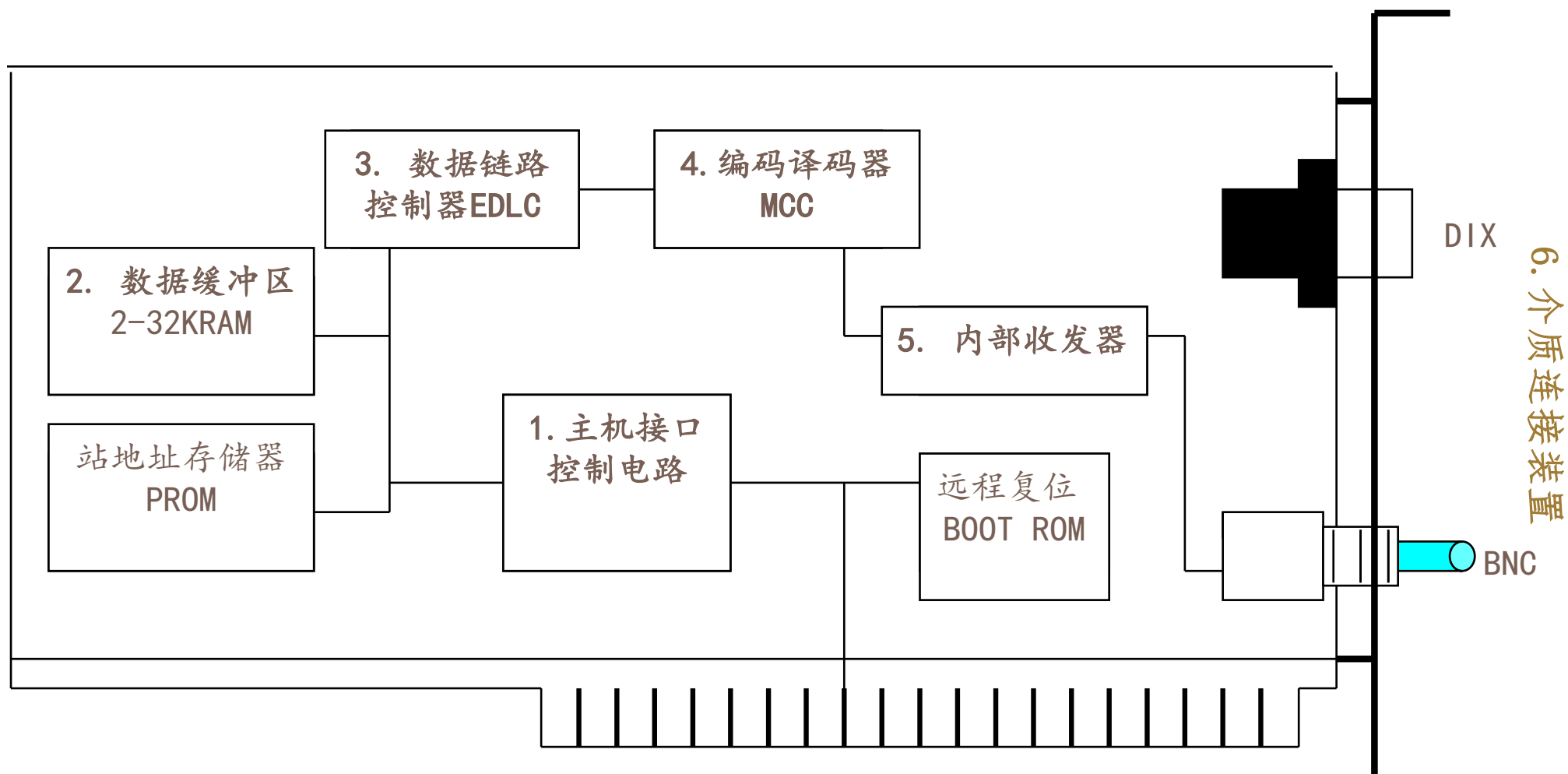
- (1) 实现计算机和网络电缆之间的物理连接
 - ▣ 为计算机之间相互通信提供一条物理通道，以进行高速数据传输
- (3) 完成物理层和数据链路层的大部分功能
 - ▣ 包括：网卡与网络电缆的物理连接、介质访问控制（如：CSMA/CD）、数据帧的拆装、帧的发送与接收、错误校验、数据信号的编/解码（如：曼彻斯特代码的转换）、数据的串、并行转换。
- (3) 网卡适配器接收和发送各种帧时不使用计算机的CPU。

适配器的作用

- 当适配器收到有差错的帧时，就把这个帧丢弃而不必通知所在计算机。
- 当适配器收到正确的帧时，就使用中断来通知该计算机并交付给协议栈中的网络层。
- 当计算机要发送IP数据报时，就由协议栈把IP数据报向下交给适配器，组装成帧后发送到局域网。
- 因此，计算机的IP地址在计算机的存储器中，计算机的硬件地址在适配器的ROM中。

网卡的基本结构

□ 六个逻辑功能模块



网卡的基本结构

□ 主机接口控制电路

- ▣ 完成网卡与主机的接口控制和数据交换功能。

□ 数据缓冲区

- ▣ 缓存计算机与网卡之间交换的数据，缓冲区的存储量一般为2K-32K字节之间，存储量越大网卡性能越好。

□ 数据链路控制器（EDLC）

- ▣ 实现数据链路层的大部分功能的逻辑功能部件。
- ▣ MAC子层的功能，包括：介质访问控制功能、实现CSMA/CD协议；数据帧的拆装、发送与接收；地址校验与数据的CRC校验；数据的串、并行转换功能；控制EDLC与数据缓冲区快速交换数据的功能。

网卡的基本结构（续）

- 编码译码器（MCC）

- ▣ 编码译码器对数字信号进行编码和解码。

- 内部收发器

- ▣ 是网卡和传输媒体（同轴电缆）之间的接口。
 - ▣ 从MCC接收信号并把信号发送到电缆上；从电缆上接收信号，并传送到MCC；其碰撞电路可检测碰撞信号。

- 介质连接装置

- ▣ 网卡与介质相连的接口部件，负责将网卡与传输电缆连接在一起。每一种连接器都符合物理层标准

网卡除了6大功能部件外，还包括

□ 站地址存储器（PROM）

- ▣ 站地址指的是物理地址，定义在介质访问控制子层（MAC），故常称为MAC地址。物理地址是唯一的。

□ 远程复位ROM

- ▣ 远程复位是网络工作站的一种系统启动方式。
- ▣ 工作站不依赖本机的任何部件（软盘或硬盘）启动系统，而是依靠网络服务器远程地启动工作站的操作系统和网络软件，无盘工作站就使用这种启动方式。

