



工业和信息化部“十二五”规划教材

21 世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

计算机网络教程

(第4版)

A Textbook on Computer Networks (4th Edition)

谢钧 谢希仁 编著

- 参考计算机专业考研大纲
- 体现了作者多年的教学经验
- 吸收了多种国外著名教材的优点
- 提供实验建议、教学PPT、部分习题答案

第三章 数据链路层

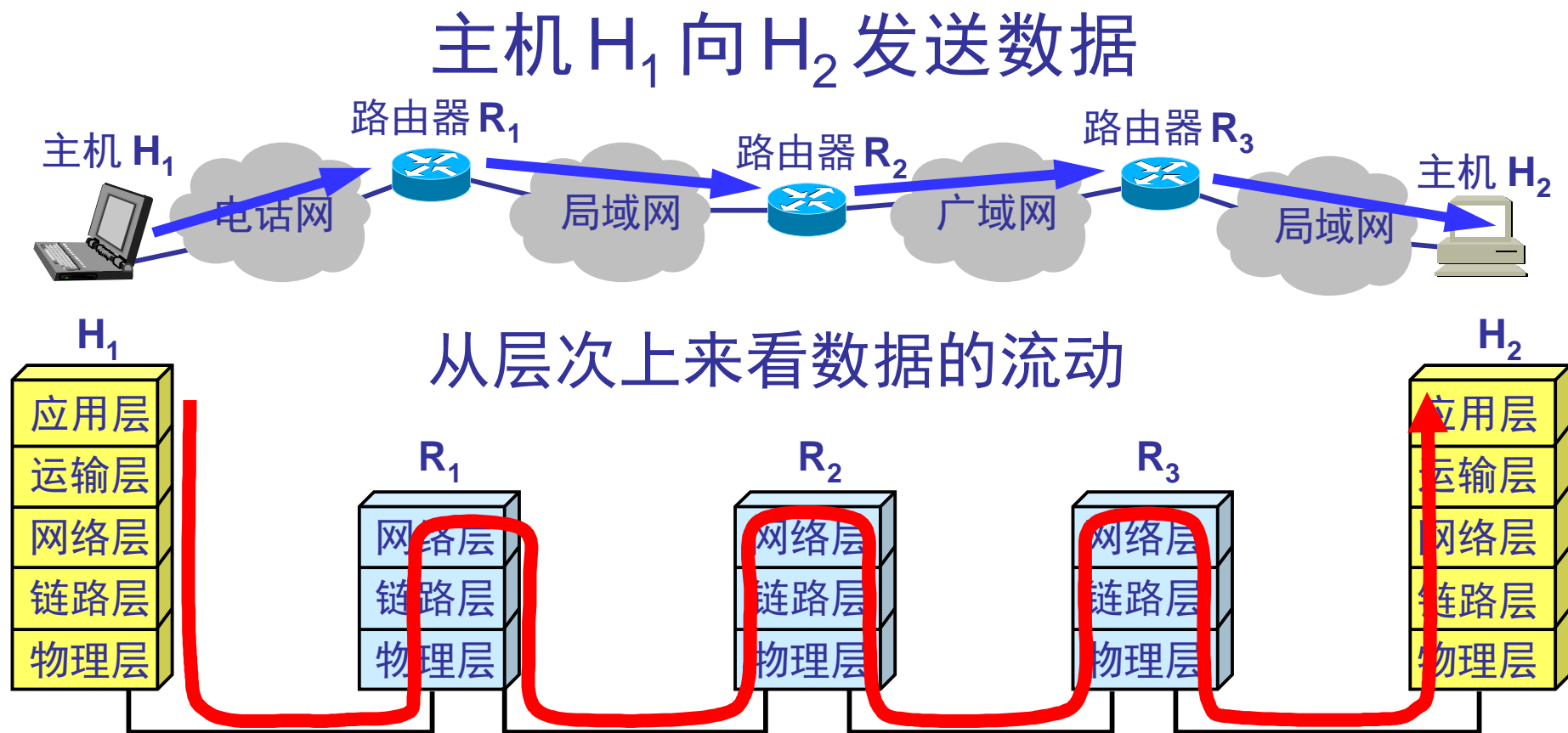
- | 三个基本问题
 - | 封装成帧，透明传输，差错检测
- | 点对点协议 **PPP**
- | 以太网的标准
- | **MAC**帧结构
- | 扩展以太网

本章知识点分布

章	节	知识点	相关概念或原理
3	§ 3.1 使用点对点信道的数据链路层	封装成帧、透明传输、差错检测、可靠传输	数据链路层功能、数据链路、循环冗余检验编码和译码、停止等待协议、选择重传协议
	§ 3.2 点对点协议PPP	PPP协议	帧格式、透明传输、零比特填充
	§ 3.3 使用广播信道的数据链路层	媒体接入控制技术、局域网	静态分配信道、动态分配信道、LAN的特性、LAN拓扑、LAN体系结构、MAC地址、发往本站的帧
	§ 3.4 共享式以太网	CSMA/CD协议、集线器特点、以太网帧	IEEE802.3各种规范、冲突检测、争用期、以太网帧格式、帧间隔、无效MAC帧
	§ 3.5 网桥和以太网交换机	物理层扩展LAN、数据链路层扩展LAN、以太网交换机、虚拟LAN	碰撞域、网桥工作原理、透明网桥、生成树、源路由网桥、发现帧、交换机VLAN基本配置
	§ 3.6 以太网的演进	100Base-T以太网、吉比特以太网	以太网宽带接入
	§ 3.7 无线局域网	无线局域网组成、无线局域网MAC协议、其他无线计算机网络	常用无线设备、无线局域网MAC帧、WiFi、WiMAX

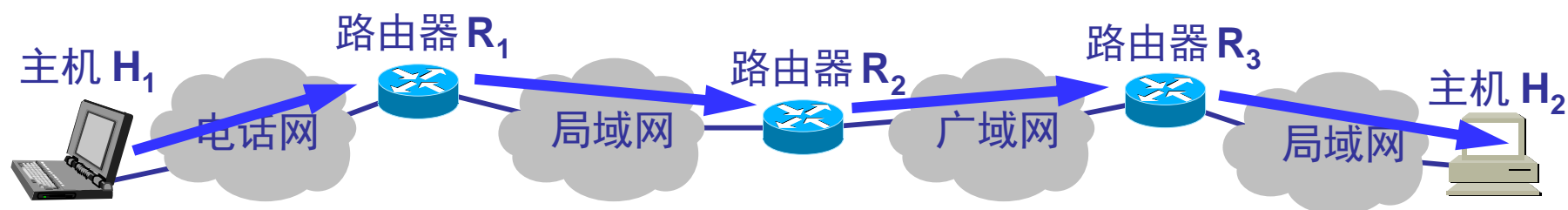
3.1 使用点对点信道的数据链路层

3.1.1 数据链路层的地位

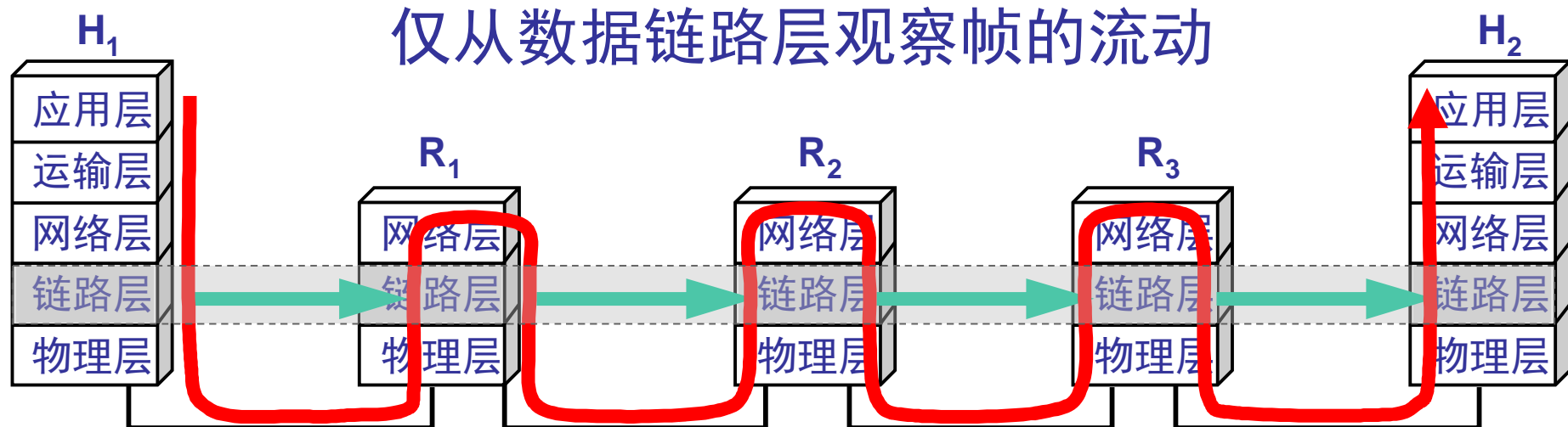


数据链路层的地位

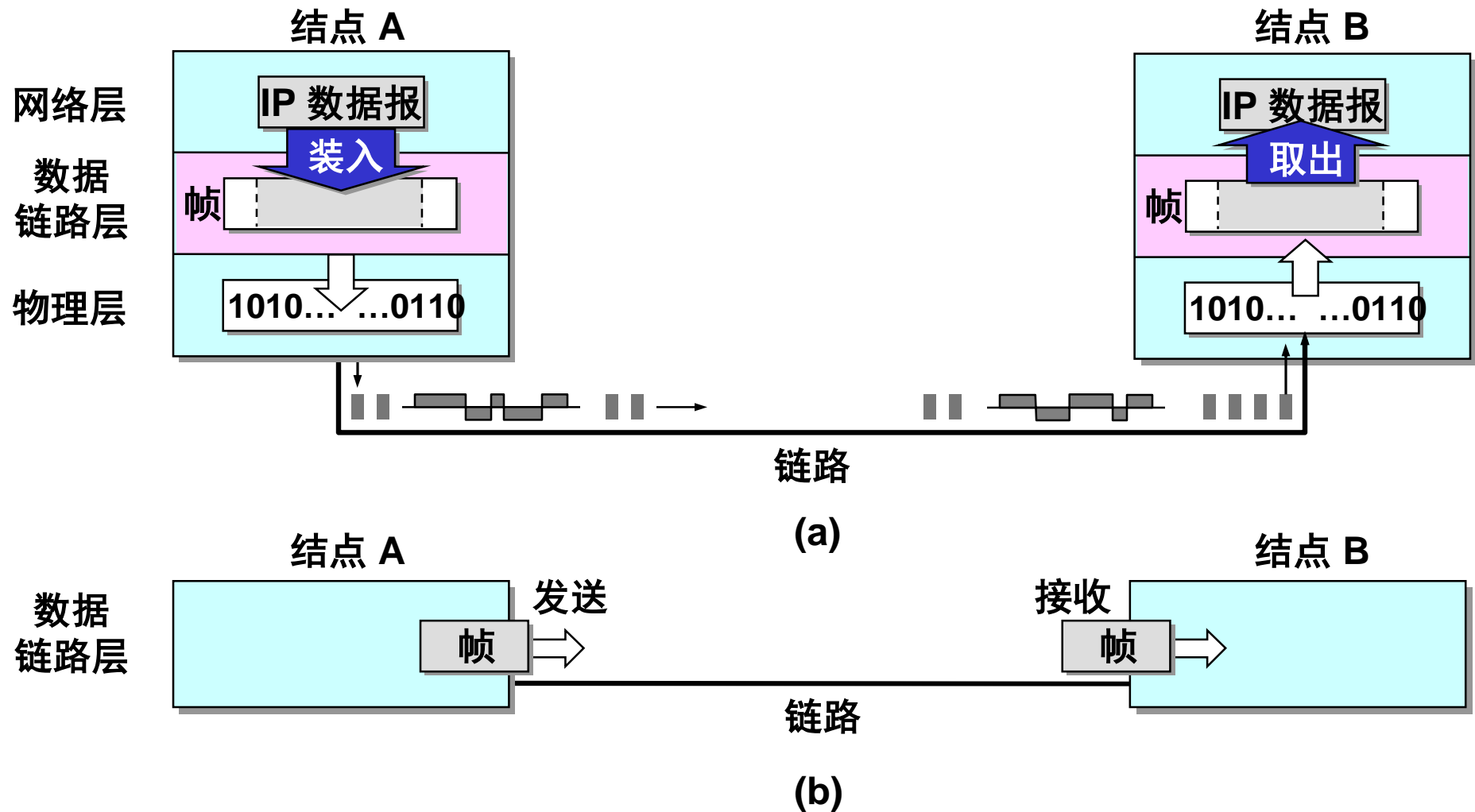
主机 H_1 向 H_2 发送数据



仅从数据链路层观察帧的流动



3.1.2 数据链路和帧



数据链路层的功能(补充内容)

(1)链路管理

当网络中的两个结点要进行通信时，数据的发方必须确知收方是否已经处在准备接收的状态。

为此，通信的双方必须先要交换一些必要的信息。或者用我们的术语，必须先建立一条数据链路。

同样地，在传输数据时要维持数据链路，而在通信完毕时要释放数据链路。

数据链路的建立、维持和释放就叫做链路管理。

数据链路层的功能

(2)帧同步

在数据链路层，数据的传送单位是帧。数据一帧一帧地传送，就可以在出现差错时，将有差错的帧再重传一次，而避免了将全部数据都进行重传。

帧同步是指收方应当能从收到的比特流中准确地区分出一帧的开始和结束在什么地方。

构成数据帧的方法(了解)

u 字符计数法：帧头中使用一个字符来表示帧内的字符数

缺点：计数字段一旦出错，将无法再同步

v 带填充字符的首尾界符法(面向字符)：以特定的字符序列为控制字段

缺点：依赖于字符集，不通用，也无法扩展

w 带填充位的首尾标志法(面向位)：采用统一的帧格式，以特定的位序列进行帧同步和定界



数据链路层的功能

(3)流量控制

发方发送数据的速率必须使收方来得及接收。当收方来不及接收时，就必须及时控制发方发送数据的速率。

几种常用的流量控制方法在下面章节分别给出。

数据链路层的功能

(4) 差错控制

在计算机通信中，一般都要求有极低的比特差错串。为此，广泛地采用了编码技术。

编码技术有两大类：

一类是前向纠错，即收方收到有差错的数据帧时，能够自动将差错改正过来。这种方法的开销较大，不适合于计算机通信。

另一类是检错重发，即收方可以检测出收到的帧中有差错(但并不知道是哪几个比特错了)：于是就让发方重复发送这一帧，直到收方正确收到这一帧为止。这种方法在计算机通信中最常用的。

本章所要讨论的协议，都是采用检错重发这种差错控制方法。

数据链路层的功能

(5)将数据和控制信息区分开

由于数据和控制信息都是在同一信道中传送，而在许多情况下，数据和控制信息处于同一帧中。因此一定要有相应的措施使收方能够将它们区分开来。

(6)透明传输

所谓透明传输就是不管所传数据是什么样的比特组合，都应当能够在链路上传送。当所传数据中的比特组合恰巧出现了与某一个控制信息完全一样时，必须采取适当的措施，使收方不会将这样的数据误认为是某种控制信息。这样才能保证数据链路层的传输的透明的。

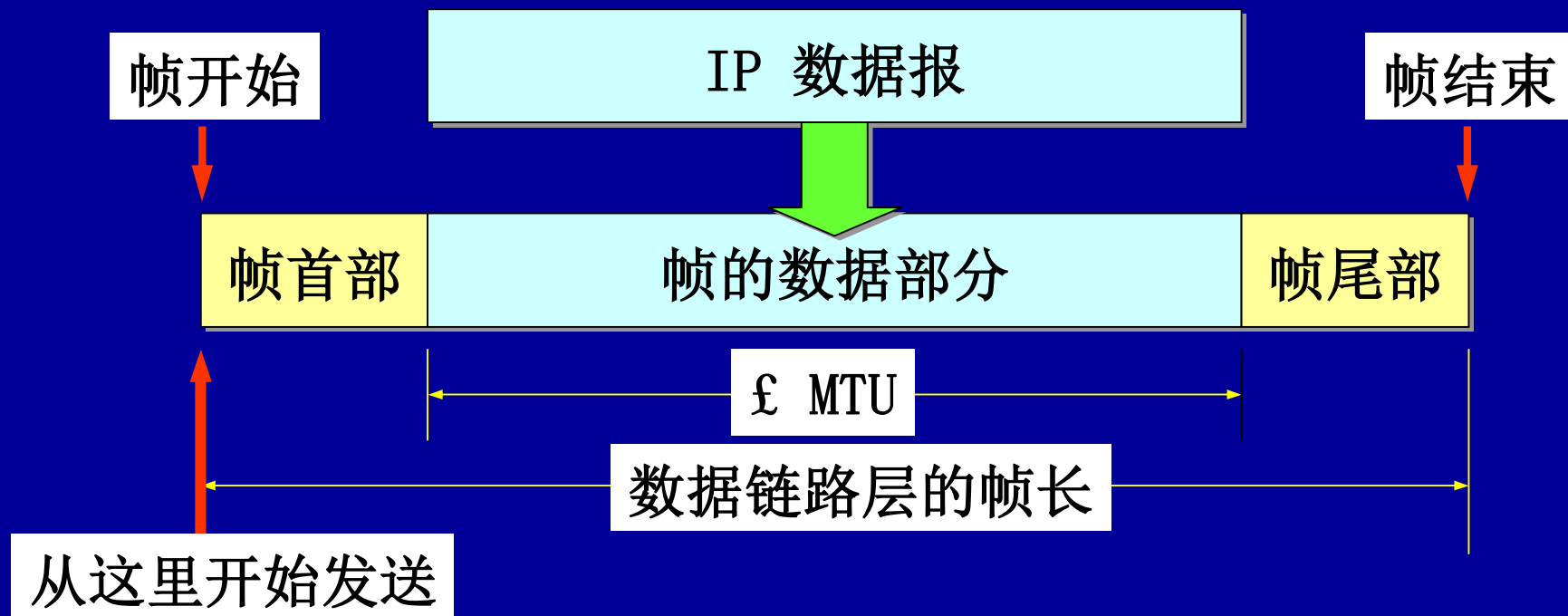
(7)寻址

在多点连接的情况下，必须保证每一帧都能送到正确的目的站。收方也应当知道发方是哪一个站。

3.1.3 封装成帧

1、封装成帧 (framing):

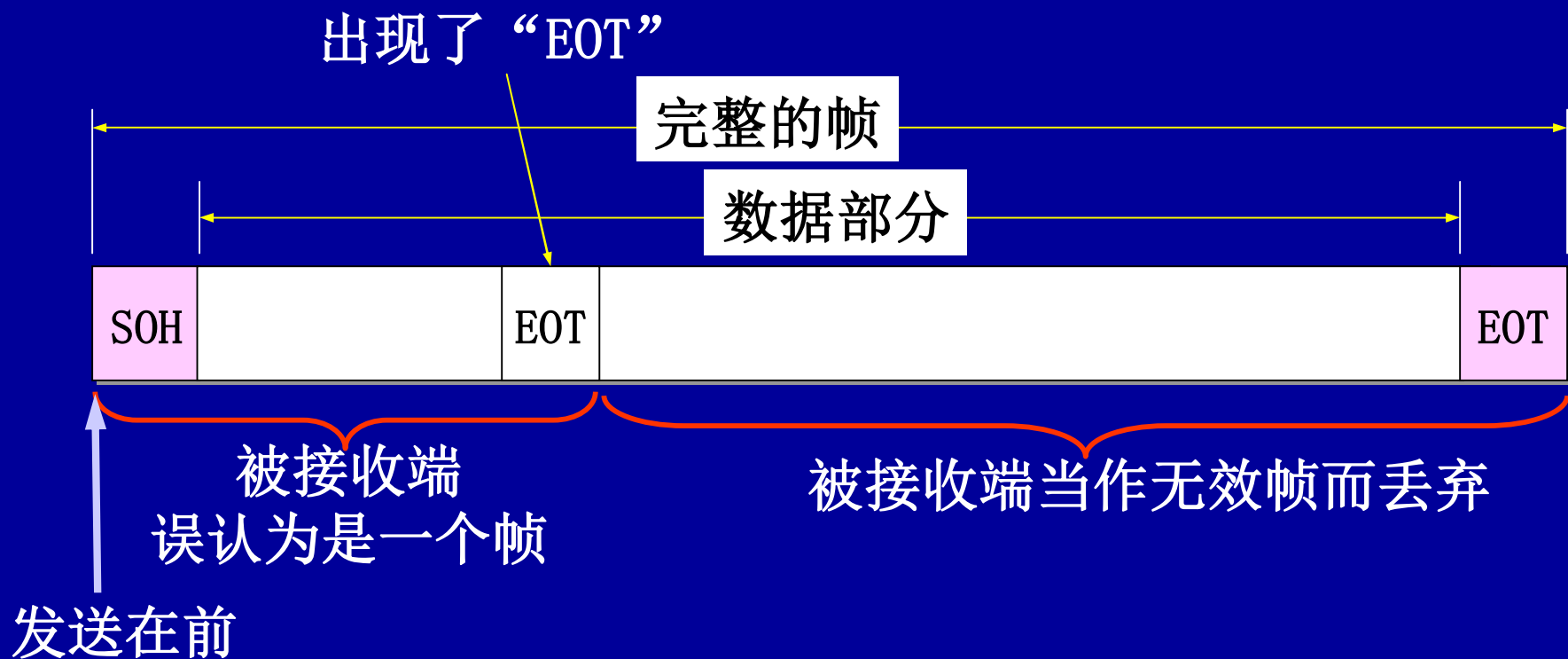
就是确定帧的界限。



用控制字符进行帧定界的方法举例



2、透明传输



解决透明传输问题

- | 发送端的数据链路层在数据中出现控制字符“SOH”或“EOT”的前面插入一个转义字符“ESC”(其十六进制编码是1B)。
- | **字节填充(byte stuffing)或字符填充(character stuffing)**——接收端的数据链路层在将数据送往网络层之前删除插入的转义字符。
- | 如果转义字符也出现数据当中，那么应在转义字符前面插入一个转义字符。当接收端收到连续的两个转义字符时，就删除其中前面的一个。

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。
- 在两个标志字段之间的比特串中，如果碰巧出现了和标志字段F一样的比特组合，那么就会误认为是帧的边界。为了避免出现这种错误，采用零比特填充法使一帧中两个F字段之间不会出现6个连续1。

零比特填充的具体做法是:

(1)在发送端: 当一串比特流尚未加上标志字段时, 先用硬件扫描整个帧(用软件也能实现, 但要慢些);

只要发现有5个连续1, 则立即填入一个0;

因此经过这种零比特填充后的数据, 就可以保证不会出现6个连续1。

(2)在接收一个帧时: 先找到F字段以确定帧的边界, 接着再用硬件对其中的比特流进行扫描;

每当发现5个连续1时, 就将这5个连续1后的一个0删除, 以还原成原来的比特流;

这样就保证了在所传送的比特流中, 不管出现什么样的比特组合, 也不至于引起帧边界的判断错误。

图3—8 零比特的填充与删除

数据中某一段比特组合恰好
出现和 F 字段一样的情况

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

会被误认为是 F 字段

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

填入 0 比特

在接收端将 5 个连 1 之后的
0 比特删除，恢复原样

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

在此位置删除填入的 0 比特

3.1.4 差错检测

- | 比特在传输过程中可能会产生差错：1 可能会变成 0 而 0 也可能变成 1。
- | 在一段时间内，传输错误的比特占所传输比特总数的比率称为**误码率** BER (Bit Error Rate)。
- | 误码率与信噪比有很大的关系。
- | 为了保证数据传输的可靠性，在计算机网络传输数据时，必须采用各种差错检测措施。

循环冗余码CRC:

循环冗余码也叫循环校验码，也叫多项式码，就是将一串二进制数组成的代码与一个多项式相对应，如代码1011，则对应一个多项式为： x^3+x+1 ；若代码为101111，则对应的多项式为： $x^5+x^3+x^2+x+1$ 。

反之，由多项式表达式可产生相应的代码。

1、循环冗余码编码过程:

- (1)、对K位信息代码生成(K-1)次多项式 $M(x)$;
- (2)、根据事先约定的生成多项式 $P(x)$ 确定冗余位数n: n为 $P(x)$ 的最高次幂; 并计算 $x^n M(x)$ 多项式的值;
- (3)、求冗余位: 即用 $x^n M(x)$ 的系数除以 $P(x)$ 的系数, 得到的余数为冗余多项式 $R(x)$ 的系数, 也就是冗余位;
(在除法中的减法运算是模2运算, 不进位也不借)
- (4)、写出循环冗余码: 即为信息代码加上冗余位。

循环冗余码编码举例

例1：7位信息代码为1011001，生成多项式为 $P(x)=x^4+x^3+1$ ，求其CRC。

解：(1) $M(x) = x^6 + x^4 + x^3 + 1$

(2) $P(x) = x^4 + x^3 + 1$ 则 $n=4$

且： $x^4M(x) = x^4(x^6 + x^4 + x^3 + 1) = x^{10} + x^8 + x^7 + x^4$

(3)求冗余位：即用 $x^4M(x)$ 的系数除以 $P(x)$ 的系数，其运算过程为：

循环冗余码编码举例

$$\begin{array}{r}
 1101010 \\
 11001 \overline{) 101100100000} \\
 \underline{11001} \\
 11110 \\
 \underline{11001} \\
 11110 \\
 \underline{11001} \\
 11100 \\
 \underline{11001} \\
 11100 \\
 \underline{11001} \\
 1010
 \end{array}$$

由于n=4，则冗余位应为1010

(4)CRC为信息代码+冗余位:

1011001 1010

循环冗余码编码举例

例2：4位信息代码为1100，生成多项式为1011，求CRC。

解：(1) $M(x) = x^3 + x^2$

(2) $P(x) = x^3 + x + 1$ 则 $n=3$

且： $x^3 M(x) = x^3(x^3 + x^2) = x^6 + x^5$

(3)求冗余位：即用 $x^3 M(x)$ 的系数除以 $P(x)$ 的系数，其运算过程为：

循环冗余码编码举例

$$\begin{array}{r} 1110 \\ 1011 \overline{) 11000000} \\ \underline{1011} \\ 1110 \\ 1011 \underline{} \\ 010 \\ 1011 \underline{} \\ 10 \end{array}$$

由于 $n=3$ ，则冗余位应为010

(4)CRC为信息代码+冗余位： 1100 010

2、循环冗余码的译码与纠错：

根据余数来判断正确性：

- (1)、若余数为0，则认为读取或传输正确；
- (2)、若余数不为0，则传输有差错。且不同位出错则余数不同。

一般余数代码与出错位序号之间有一个对应的关系，这个对应关系根据不同的生成多项式而不同。

循环冗余码的译码与纠错举例:

如例2求得循环冗余码为1100010，若对方接收到的也是1100010，其中的 $G(x)=1011$ ，则有：

Handwritten binary long division showing the division of 10110010 by 1011. The quotient is 10000.

$$\begin{array}{r}
 1011 \overline{) 10110010} \\
 \underline{1011} \\
 00000010 \\
 \underline{0000} \\
 00000000
 \end{array}$$

由于余数为0，则接收到的信息传输正确。

循环冗余码的译码与纠错举例：

如例2求得循环冗余码为1100010，若对方接收到的是1100000，其中的 $G(x)=1011$ ，则有：

$$\begin{array}{r} 1\ 1\ 1\ 0 \\ \hline 1\ 0\ 1\ 1 1\ 1\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0 \\ 1\ 0\ 1\ 1 \\ \hline 1\ 1\ 1\ 0 \\ 1\ 0\ 1\ 1 \\ \hline 1\ 0\ 1\ 0 \\ 1\ 0\ 1\ 1 \\ \hline 1\ 0 \end{array}$$

由于余数为010，则
接收到的信息传输不正
确。

3.1.5 数据链路层的可靠传输：动画演示

数据帧在链路上传输的几种情况

PLAY

STOP

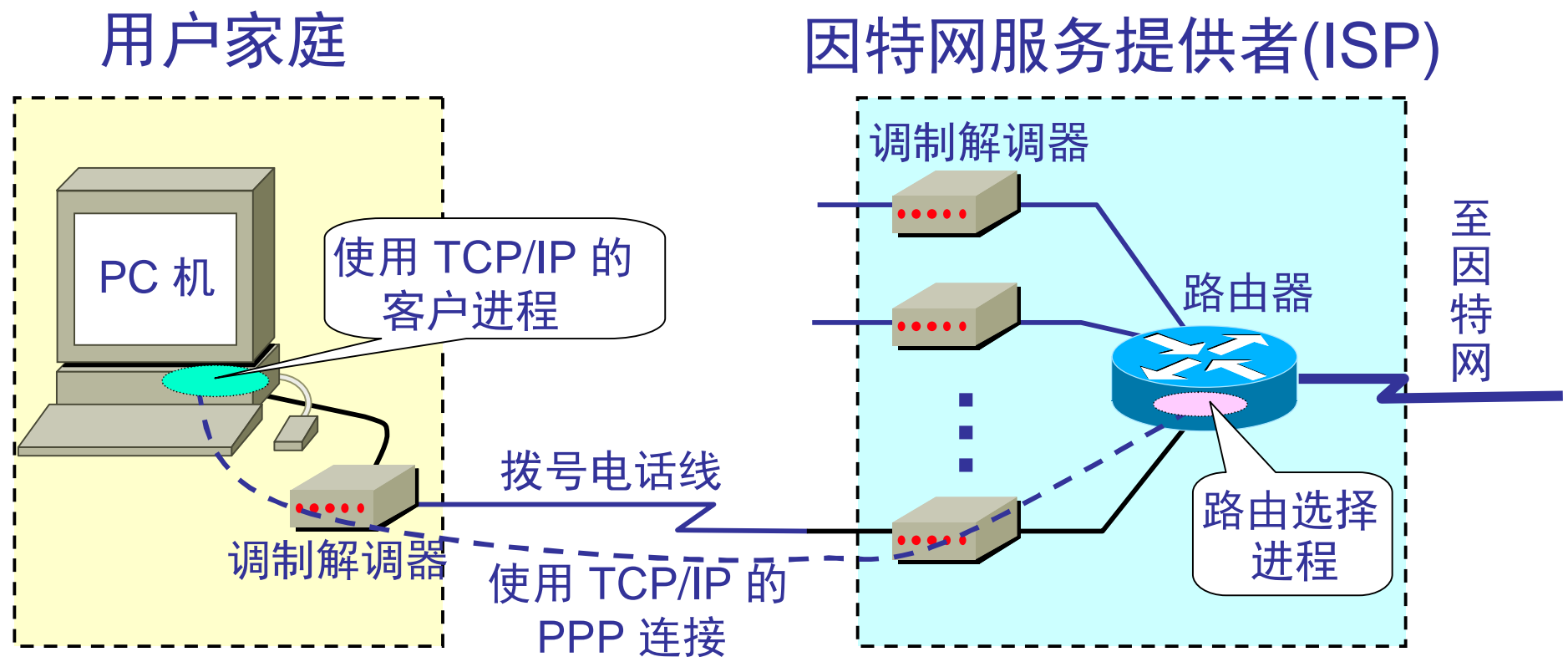
Silent

3.2 点对点协议PPP

3.2.1 点对点协议的特点

- Ø 现在全世界使用得最多的数据链路层协议是点对点协议 **PPP (Point-to-Point Protocol)**。
- Ø 用户使用拨号电话线接入因特网时，一般都是使用 **PPP 协议**。

3.2.1 点对点协议的特点



用户拨号入网的示意图

两种协议

在用户与ISP之间的链路上使用最多的协议有两种

:

t 串行线路网际协议SLIP

Serial Line Internet Protocol

t 点对点协议PPP

Point-to-Point Protocol

1、PPP 协议的主要特点

- Ø 简单
- Ø 封装成帧
- Ø 透明性
- Ø 多种网络层协议和多种类型链路
- Ø 差错检测
- Ø 检测连接状态
- Ø 最大传送单元
- Ø 网络层地址协商

2. PPP 协议不需要的功能

- Ø 纠错
- Ø 流量控制
- Ø 序号
- Ø 多点线路
- Ø 半双工或单工链路

3.2.2 PPP协议的组成

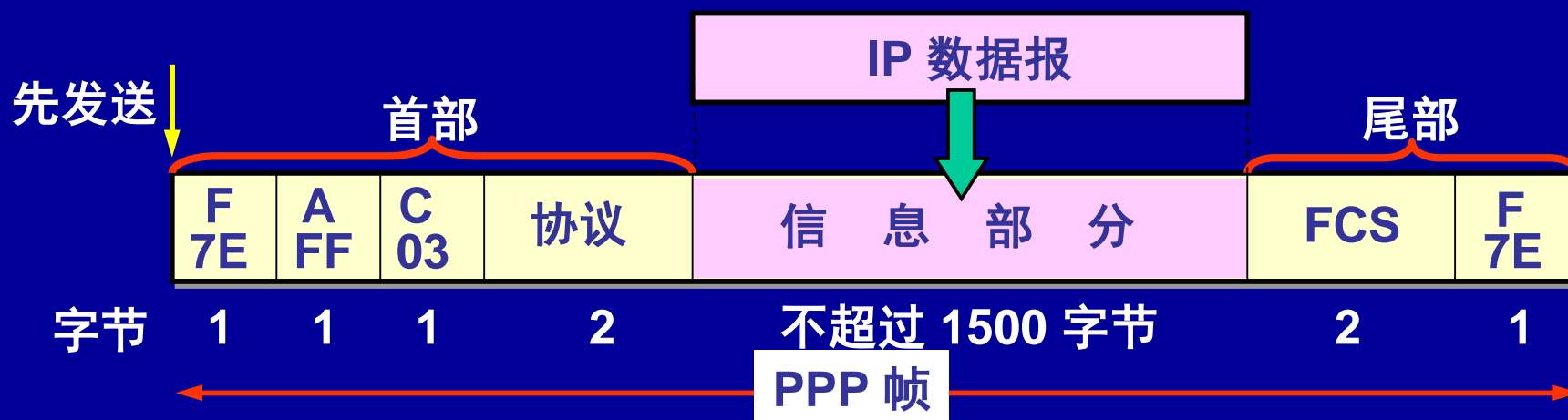
方法	LCP	NCP
----	-----	-----

方法用于将IP数据报封装到串行链路中。

LCP（链路控制协议）：用于建立/拆除数据链路连接、测试连接质量、协商参数...

NCP（网络控制协议）：用于协商网络层选项，如动态分配IP地址
物理层：支持MODEM拨号、HDLC位串行线..

3.2.3 PPP协议的帧格式



F: 首尾标志7Eh, 透明传输采用填充

A: 地址字段, 永远为FFh, 表示所有站点都可以接收

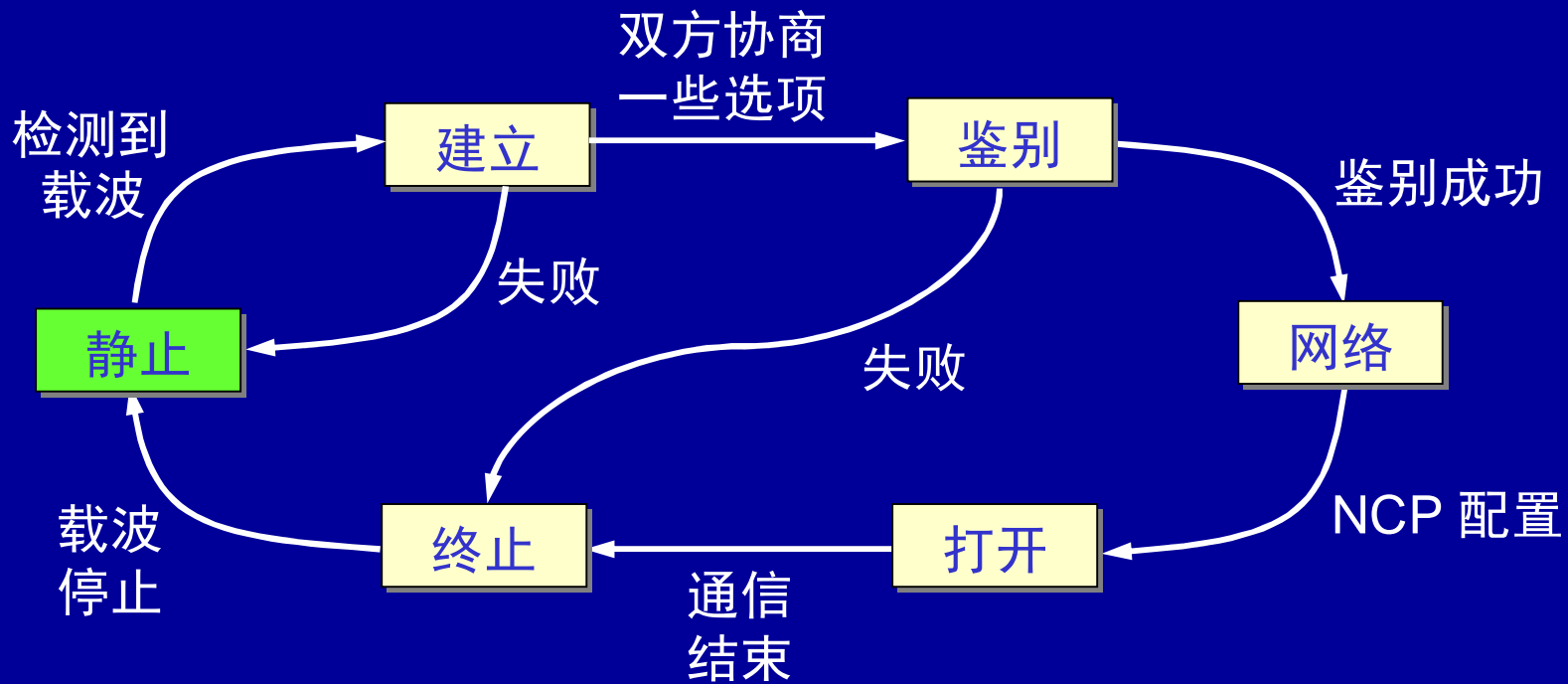
C: 控制字段, 默认为03h, 表示无编号帧

协议: 指明净荷字段的包类型: LCP(0xC021)、NCP(0x8021)、IP(0x0021)

关于PPP协议的帧格式的几点说明

- (1)、PPP协议不是面向比特而是面向字节的，因而其长度都是整数个字节。
- (2)、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，与HDLC相似；当在异步传输时，采用特殊的字符填充法。
- (3)、PPP协议不提供使用序号和确认的可靠传输，因为：
 - A、避免增大开销
 - B、信息字段为IP数据报，提供尽力而为的服务
 - C、FCS字段可保证无差错接收

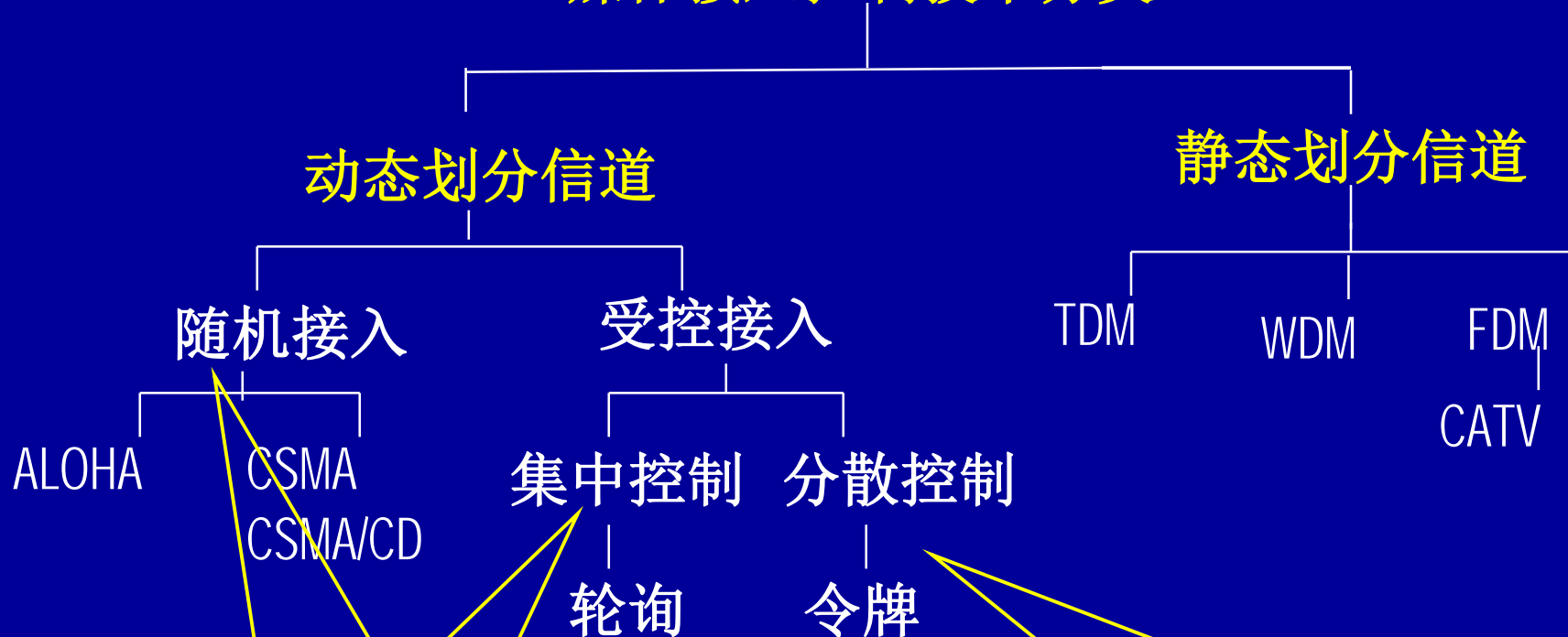
图3—20 PPP 协议的状态图



3.3 使用广播信道的数据链路层

3.3.1 媒体接入控制

媒体接入控制技术分类



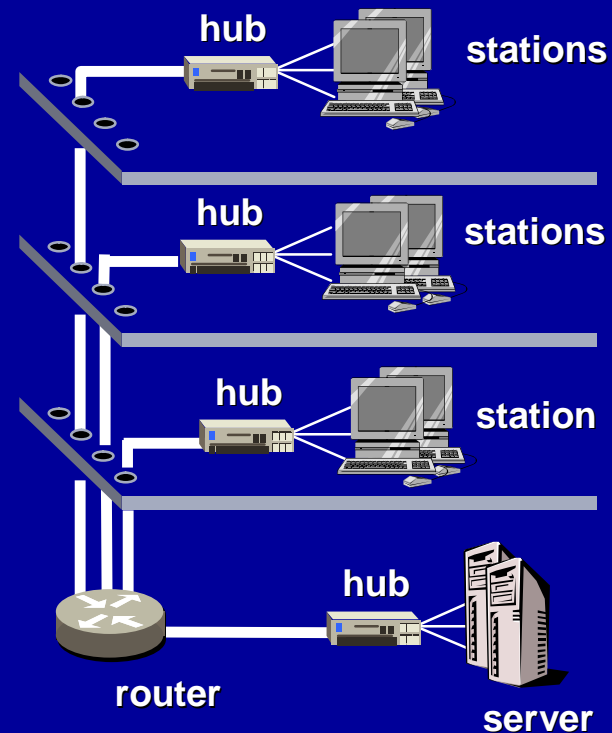
站点可随时发送数据，
轮询用轮询按顺序逐个
询问各站是否有数据要发送

令牌环网:传递令牌，获得
令牌才有权发送数据

3.3.2 局域网

一、LAN的特性

- | 覆盖范围有限
- | 数据传输速率较高
- | 误码率和时延较低
- | 支持广播或组播
- | 单一管理
- | 拓扑结构
 - n 总线型、星型、环型、树型
- | 传输媒体
 - n 双绞线、同轴电缆、光纤、无线
- | 媒体访问技术
 - n 按协议实现信道共享



二、LAN优点

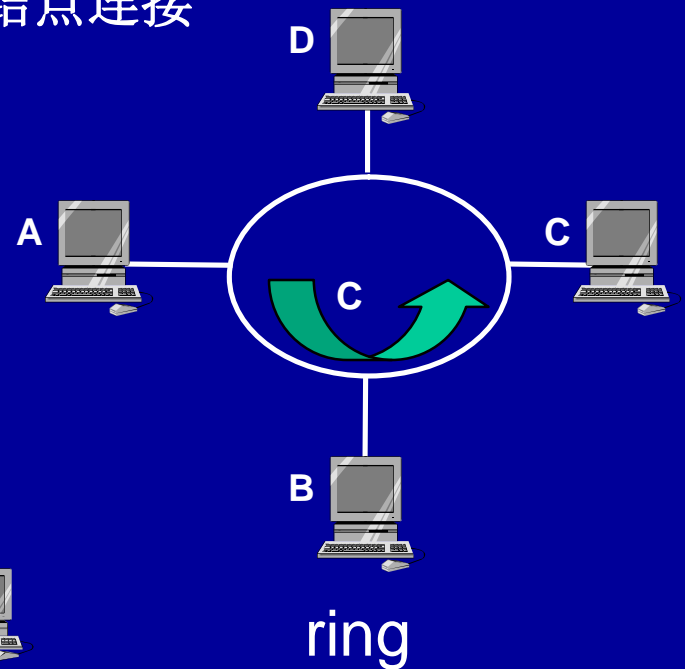
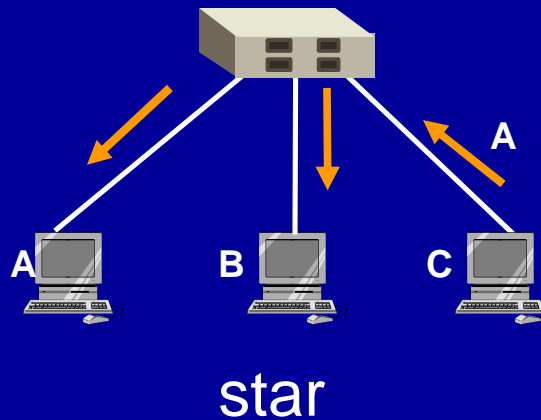
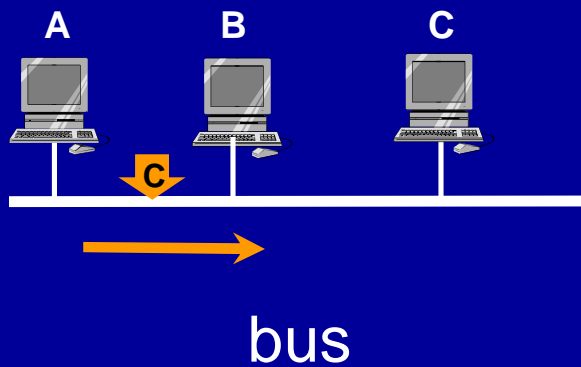
- (1)能方便地共享昂贵的外部设备，具有广播功能，可从一个终端访问全网；
- (2)便于系统的扩展和演变；
- (3)提高了系统的可靠性和可用性等；
- (4)响应速度较快；
- (5)各设备的位置可灵活调整和改变，有利于数据处理和办公自动化。

三、LAN拓扑

Ø 总线型/树型：所有结点都直接连接到共享信道

Ø 星型：所有结点都连接到中央结点

Ø 环型：结点通过点到点链路与相邻结点连接



环型结构动画演示

Ø耦合器的功能类似转发器;

Ø只有目的节点复制帧,其它节点均忽略帧;

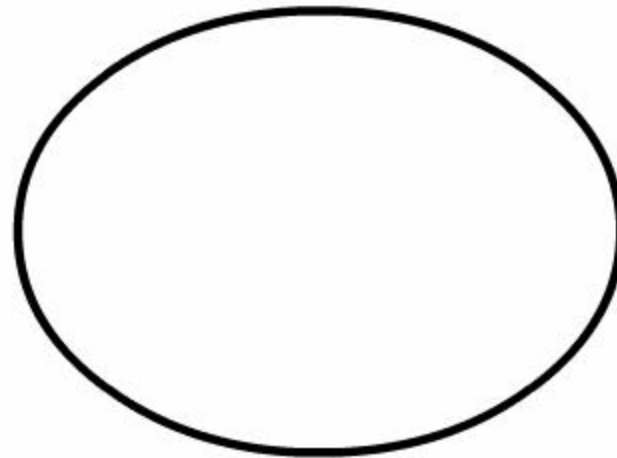
Ø单向链路;

Ø例:A向C发送帧

D向B发送帧

ØA、D分别吸收返回的数据帧

令牌环的
工作原理



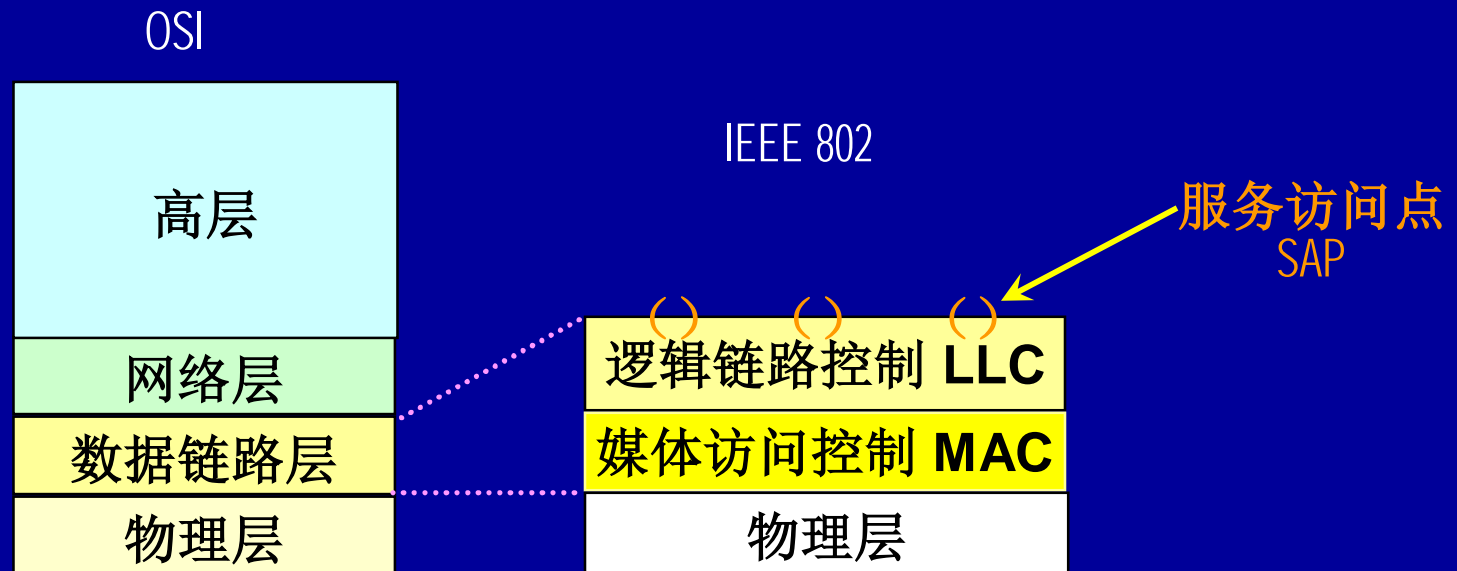
PLAY

STOP

Silent

四、局域网体系结构

1、LAN参考模型



- 物理层作用：透明比特传输与接收，信号编码与译码，为进行同步用的前同步码的产生与去除，传输媒体、拓扑结构及数据率
- 数据链路层按功能划分为两个子层：LLC和MAC

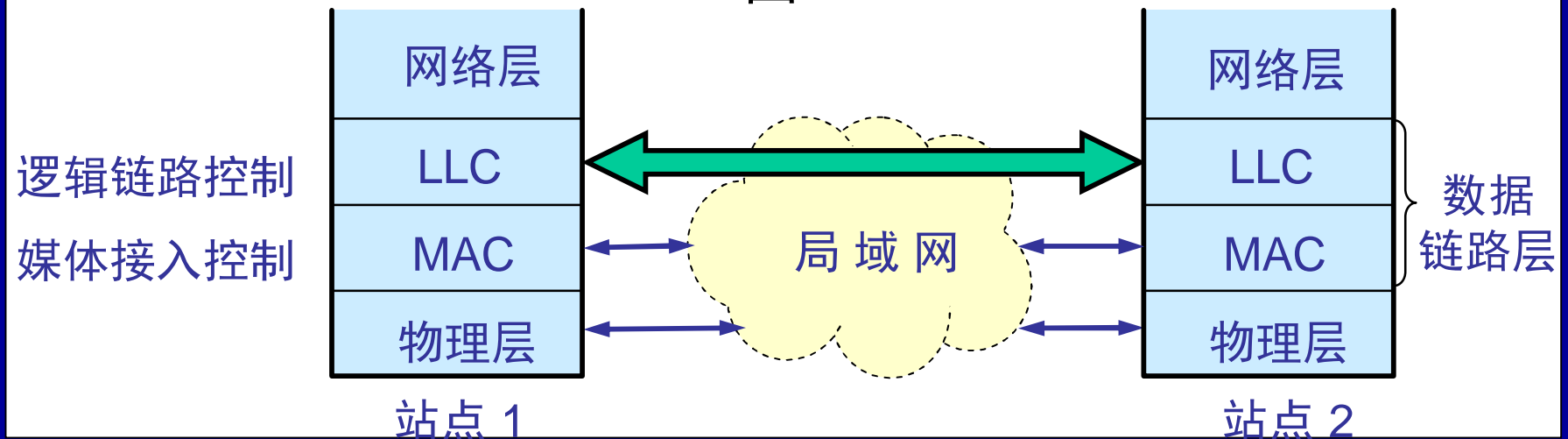
功能分解的目的：将功能中与硬件相关的部分和与硬件无关的部分进行区分，降低研究和实现的复杂度。

2、主要的LAN标准

- ✓802.1 概述、体系结构、网络互连、网络管理和性能测量
- ✓802.2 LLC
- ✓802.3 CSMA/CD
- ✓802.4 Token Bus
- ✓802.5 Token Ring
- ✓802.6 分布队列双总线DQDB -- --MAN 标准
- ✓802.7 宽带技术
- ✓802.8 光纤技术
- ✓802.9 综合话音数据局域网
- ✓802.10 可操作的局域网的安全
- ✓802.11 无线LAN
- ✓802.12 优先级高速局域网 (100Mb/s)
- ✓802.14 有线电视 (Cable-TV)

3、透明的LLC子层

图3—22



- **MAC子层功能：**成帧/拆帧, 实现、维护MAC协议，位差错检测，寻址
- **LLC子层功能：**向高层提供SAP，建立/释放逻辑连接，差错控制，帧序号处理，某些网络层功能

LAN对LLC子层是透明的，即在LLC子层的上面是找不到具体的局域网。仅在MAC子层才可见LAN的标准，即是采用什么标准的局域网，如总线网或令牌网等。因此LAN标准的区别在于MAC子层。

动画演示LLC帧和MAC帧的关系

LLC PDU与MAC帧的关系



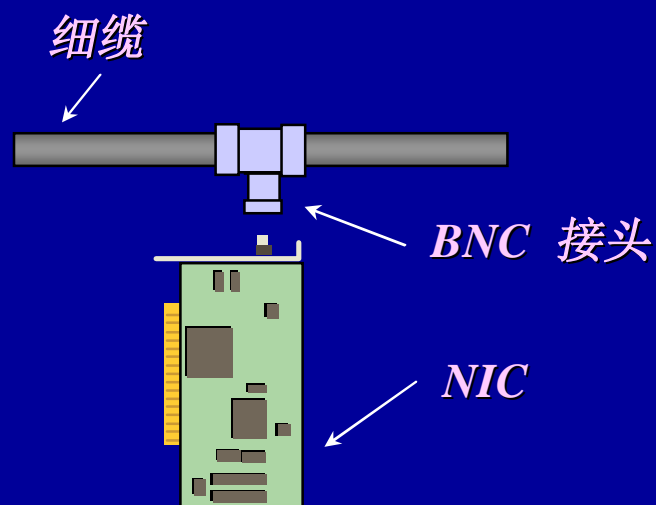
五、网络适配器

作用：

串行/并行转换；

对数据进行缓存；

实现以太网协议；



六、MAC地址

MAC地址就是物理地址，也就是计算机的硬件地址，其作用就是用来找到所要进行通信的计算机。

网卡从网上每收到一个MAC帧就先检查其硬件地址。如果是发往本站的帧则收下，然后再进行其它处理，否则就丢弃该帧，不再进行相应的处理，从而不浪费主机的处理机和内存。

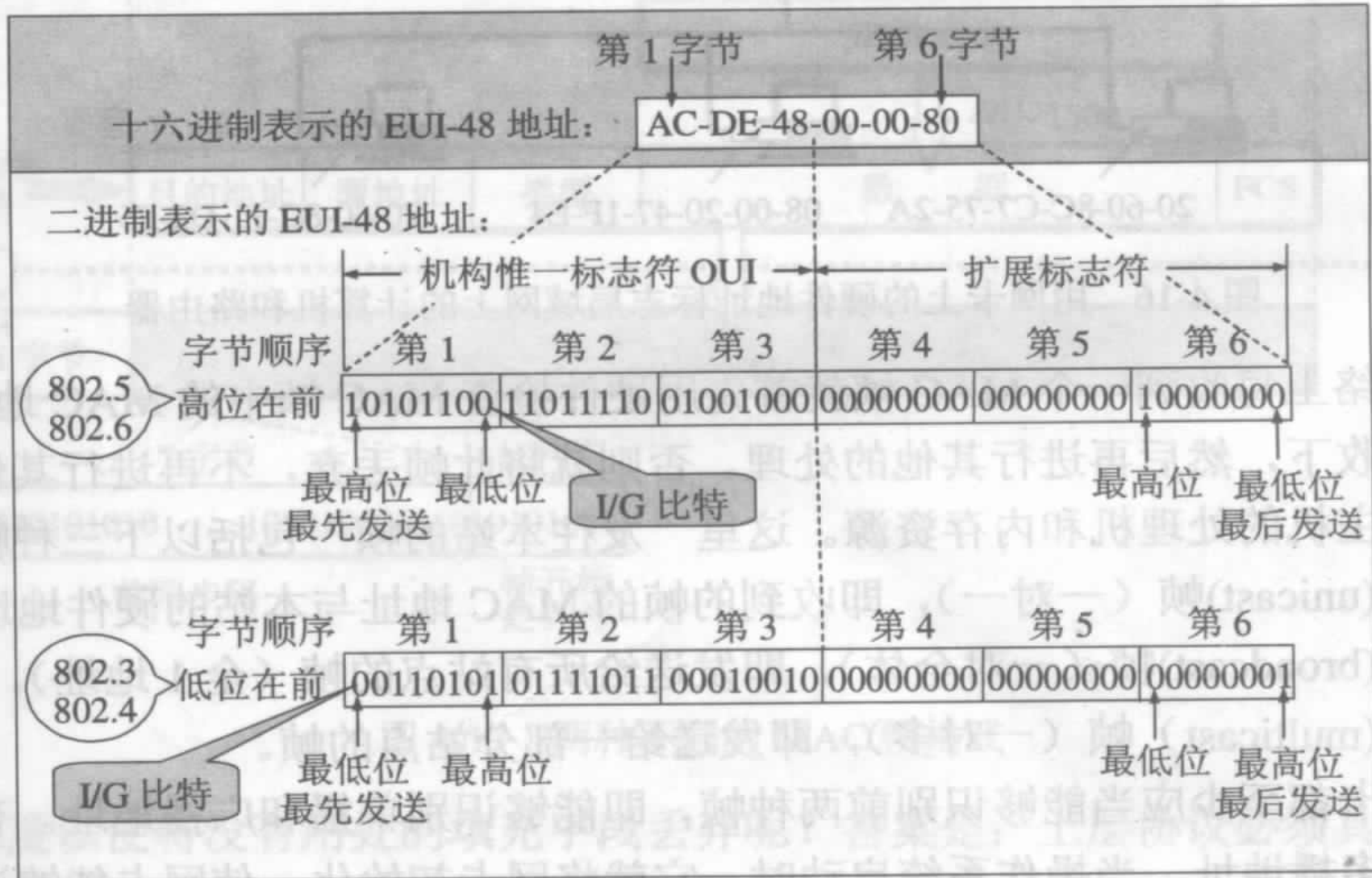
1、地址问题

- Ø IEEE802标准为每个DTE规定了一个48位的全局地址，相当于站点的唯一标识符，与其物理位置无关
- Ø MAC地址字段可以采用两种形式之一：6B 全球范围 / 2B 单位范围
- Ø 地址块：地址字段的前3个字节（高24位）由IEEE统一分配给厂商，低24位由厂商分配
- Ø 地址类型标识：地址字段的第一字节的最低位I/G 0 -- 单个站地址
1 -- 组地址
- Ø 地址范围标识：地址字段的第一字节的最低第二位G/L 0 -- 本地管理
1 -- 全局管理



本地管理是用户可任意分配的网上的地址，2字节地址字段全为局部管理。

IEEE802两种地址记法



2、发往本站的帧

包括三种帧：

单播帧(unicast)：即收到的帧的MAC地址与本站的硬件地址相同；

广播帧(broadcast)：即发送给所有站点的帧，也就是全1地址的帧；

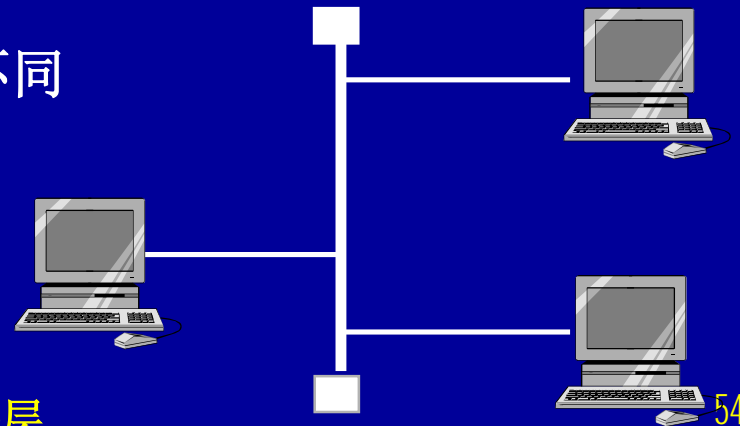
多播帧(multicast)：即发送给一部分站点的帧。

所有的网卡都至少能识别前两种帧，有的网卡可以用编程的方法识别多播地址。当操作系统启动时就初始化网卡，使网卡能够识别某些多播地址。

3.4 共享式以太网

一、以太网的两个标准：Ethernet和 IEEE 802.3

- Ø 70年代中期由Xerox(施乐)的 Palo Alto Research Center (PARC) 提出，以无源电缆为总线，数据率为2.94Mbps，称为Ethernet
- Ø 后来由DEC, Intel and Xerox (DIX 标准)改进为10Mbps标准
- Ø 1983年定名为 IEEE 802.3 ——数据率从1Mbps到10Mbps，支持多种传输媒体
- Ø Ethernet是指基带总线LAN
- Ø Ethernet 和 IEEE 802.3的帧格式不同



二、IEEE802.3的各种规范(P101)

- 10Base5 -- 粗缆Ethernet
- 10Base2 -- 细缆Ethernet
- 10BaseT -- 双绞线
- 10BaseF -- 光缆
- 10Broad36 -- 宽带
- 快速Ethernet



三、 CSMA/CD协议:

带冲突检测的载波监听多点访问

1、工作原理:

边发送边监听。若监听到冲突，则冲突双方都立即停止发送。信道很快空闲，从而提高效率。

- 站点检测到冲突后，往往发送人为干扰信号，强化冲突，以通知其他站点

工作原理演示

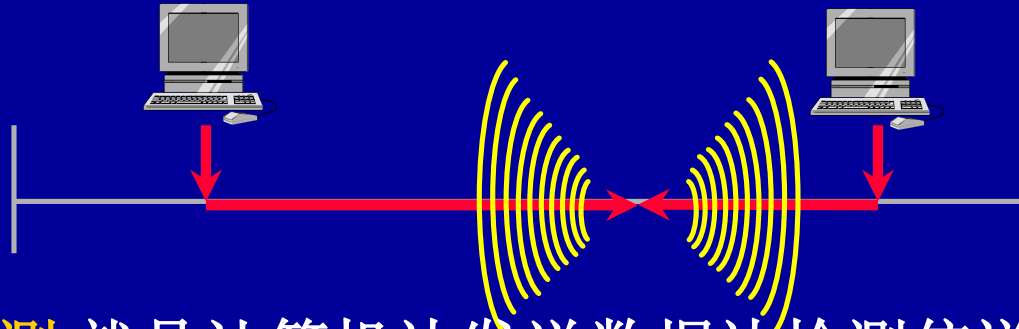
CSMA/CD的工作原理

PLAY

STOP

Silent

2、冲突检测（CD）



┆ “冲突检测”就是计算机边发送数据边检测信道上的信号电压大小。

┆ 原因：有两个以上站点同时发送帧：

当一个站检测到的信号电压摆动值超过一定的门限值时，就认为总线上至少有两个站同时在发送数据，表明产生了碰撞。

┆ 检测方法：

1. 比较接收到的信号电压的大小
2. 检测曼彻斯特编码的过零点

3、争用期概念^{P87}

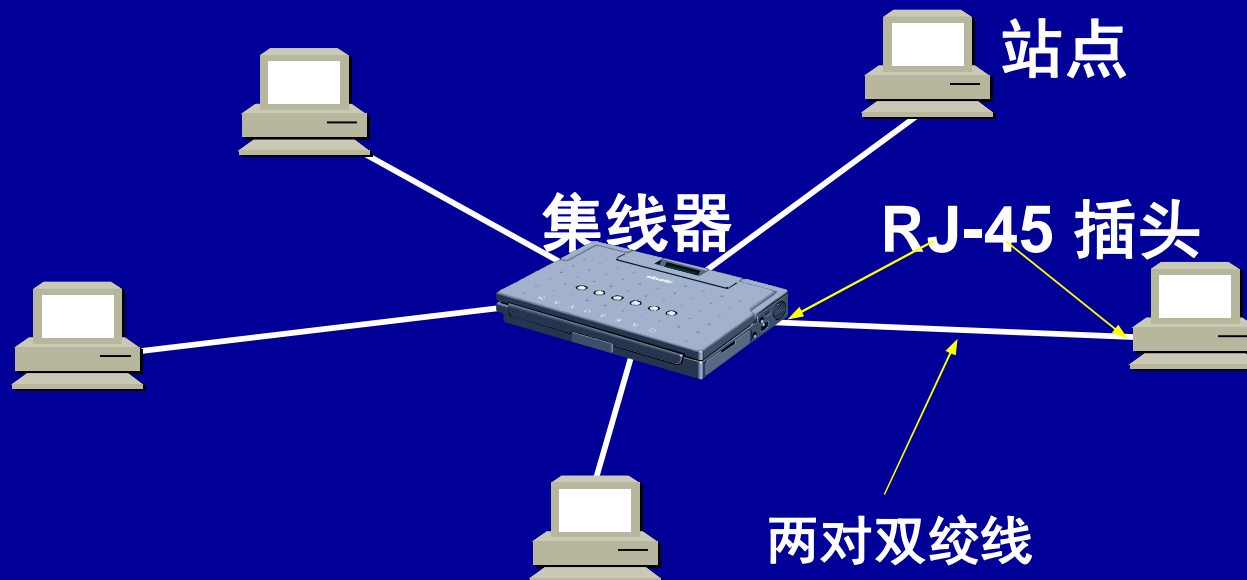
从以上的讨论可以看出，使用CSMA / CD协议时，在每个站发送数据刚刚开始的一个很短的时间内，由于电磁波在网络上传播需要时间，因此冲突仍有可能发生。我们将这段可能发生冲突的时间间隔称为争用期。

争用期的长度被规定为51.2us(10Mbps局域网)。

四、使用集线器的星形拓扑P89

集线器的特点

- Ø 在物理上是一个星形网；
- Ø 有许多端口；
- Ø 每个端口都具有接收和发送数据的功能；
- Ø 采用了专门的芯片，进行自适应串音回波抵消；



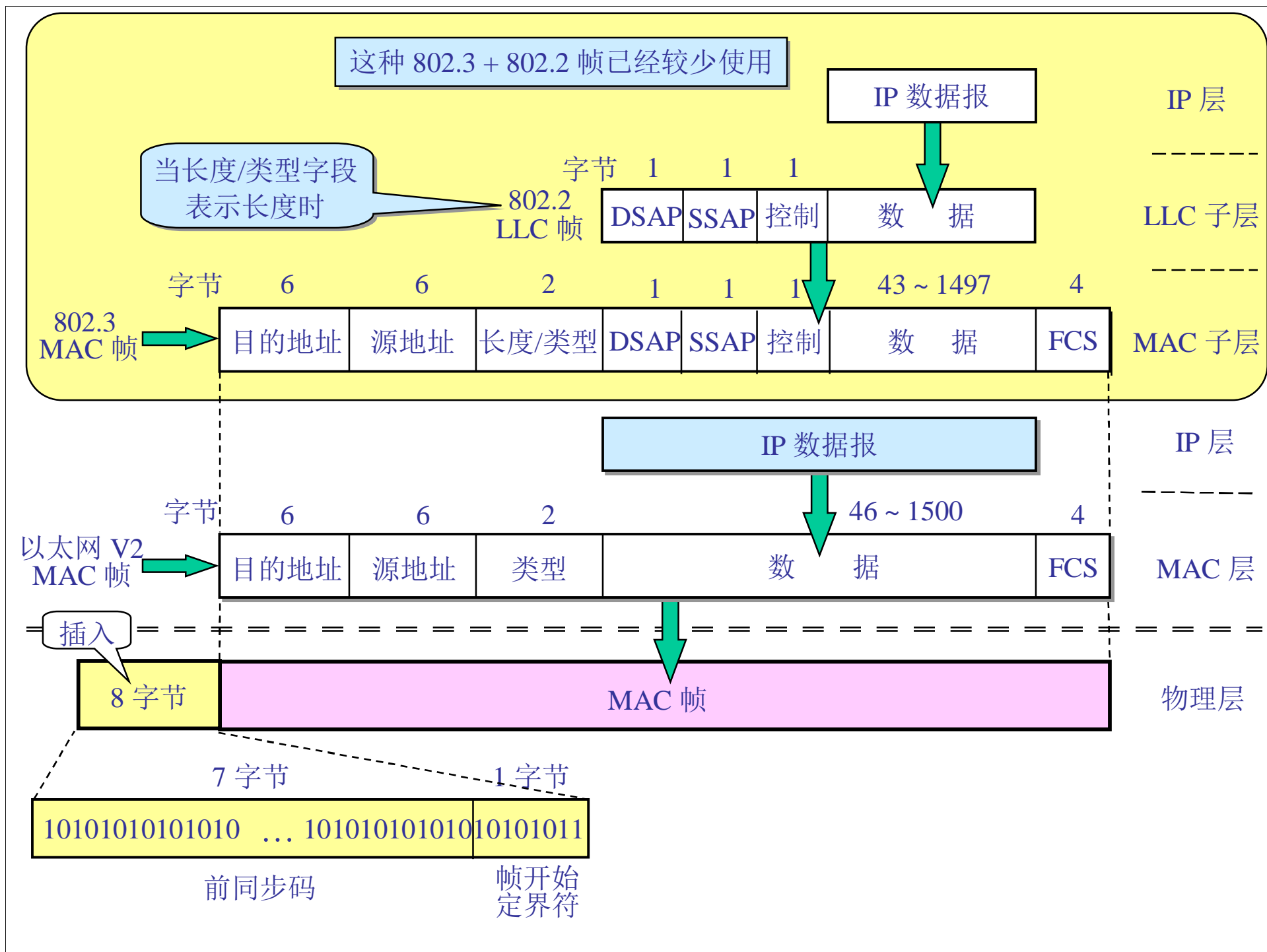
五、以太网的帧格式P90

1、常用的以太网MAC帧格式有两种标准：

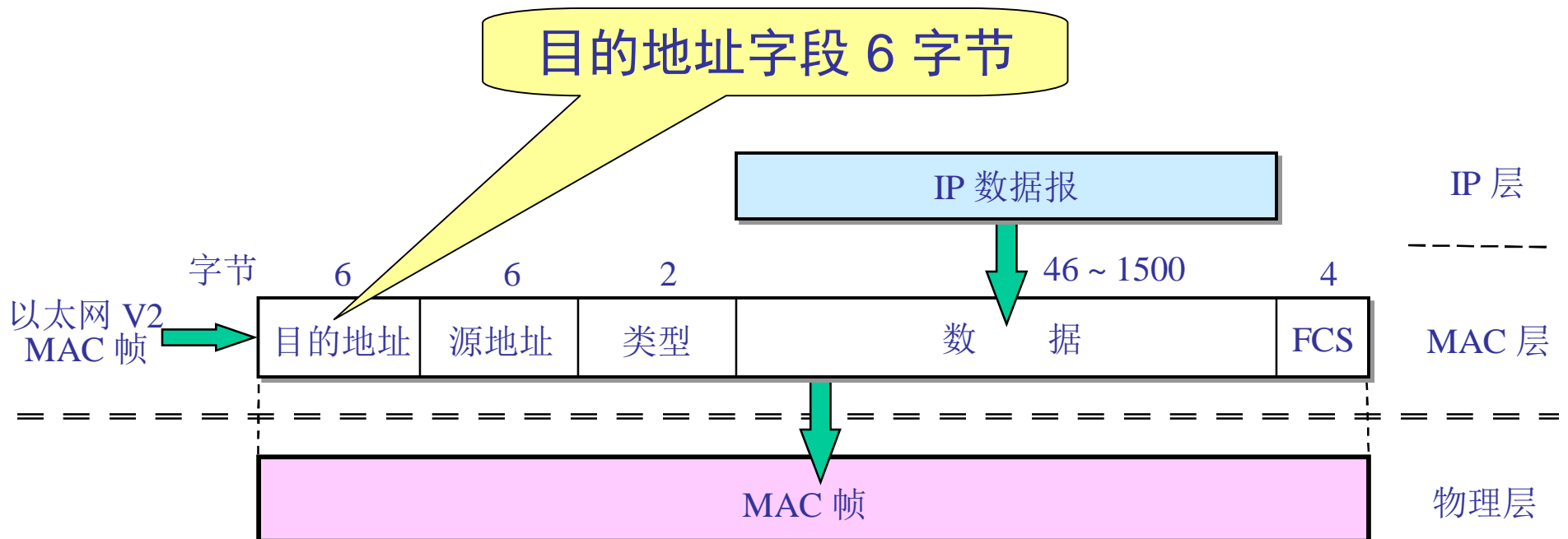
DIX Ethernet V2 标准

IEEE 的 802.3 标准

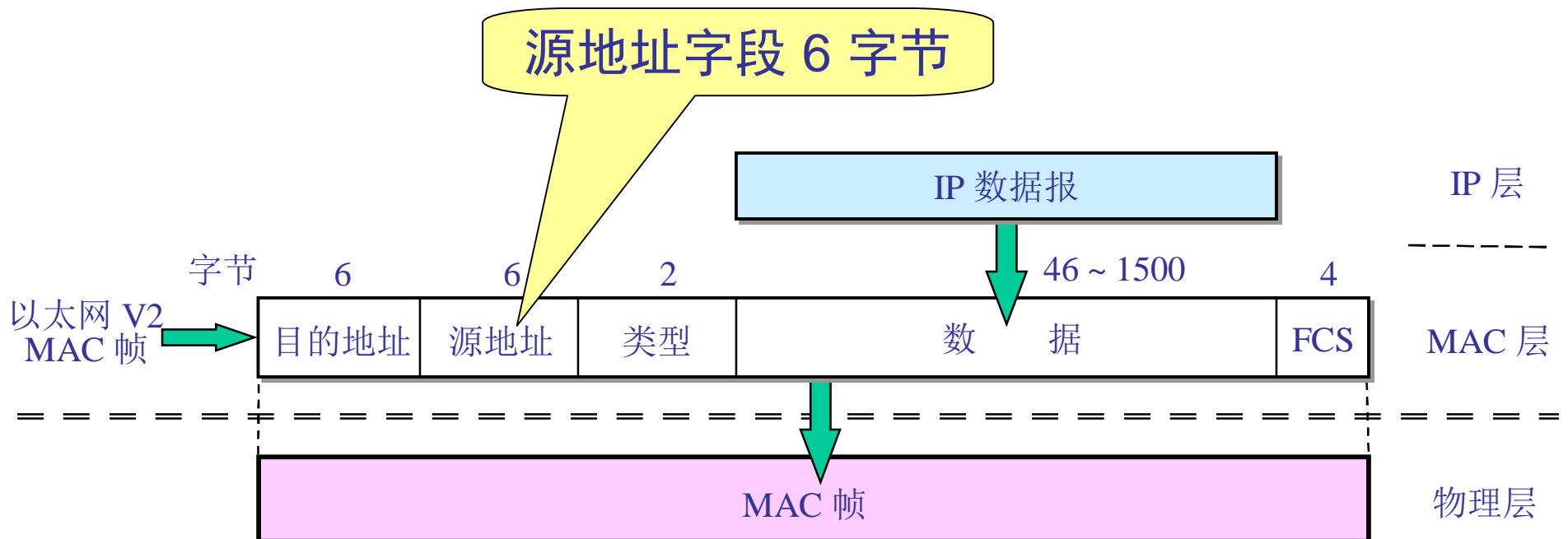
最常用的 MAC 帧是以太网 V2 的格式。



以太网 V2 的 MAC 帧格式

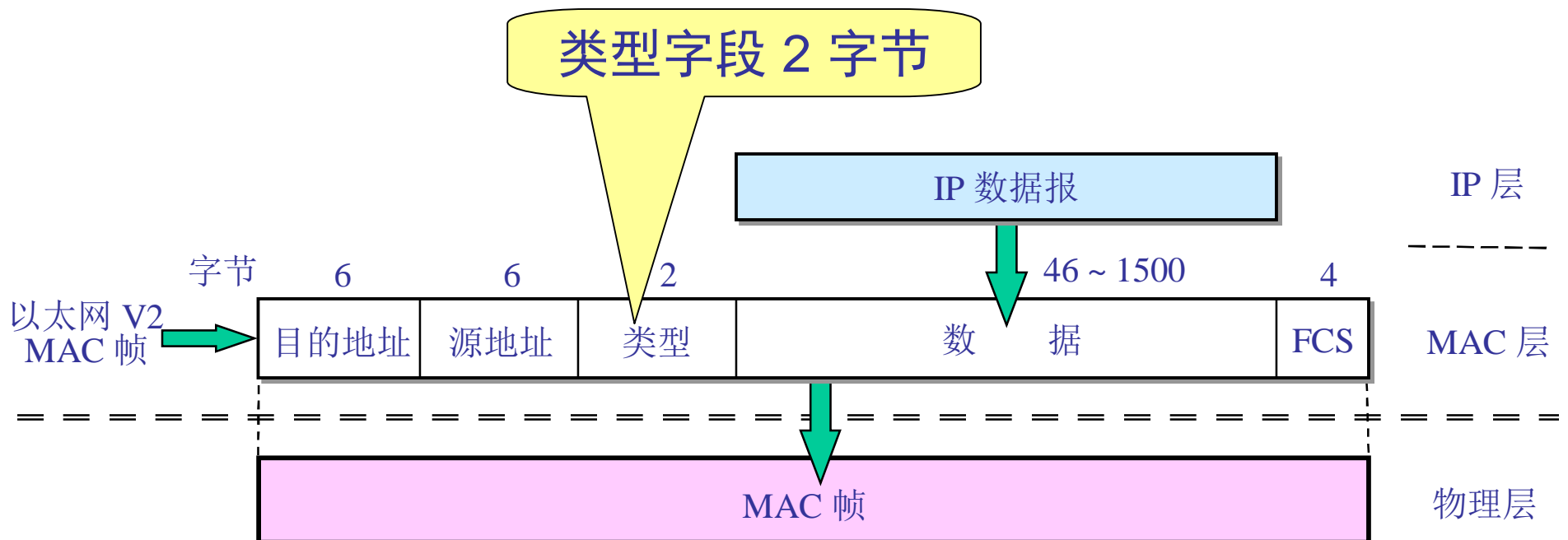


以太网 V2 的 MAC 帧格式



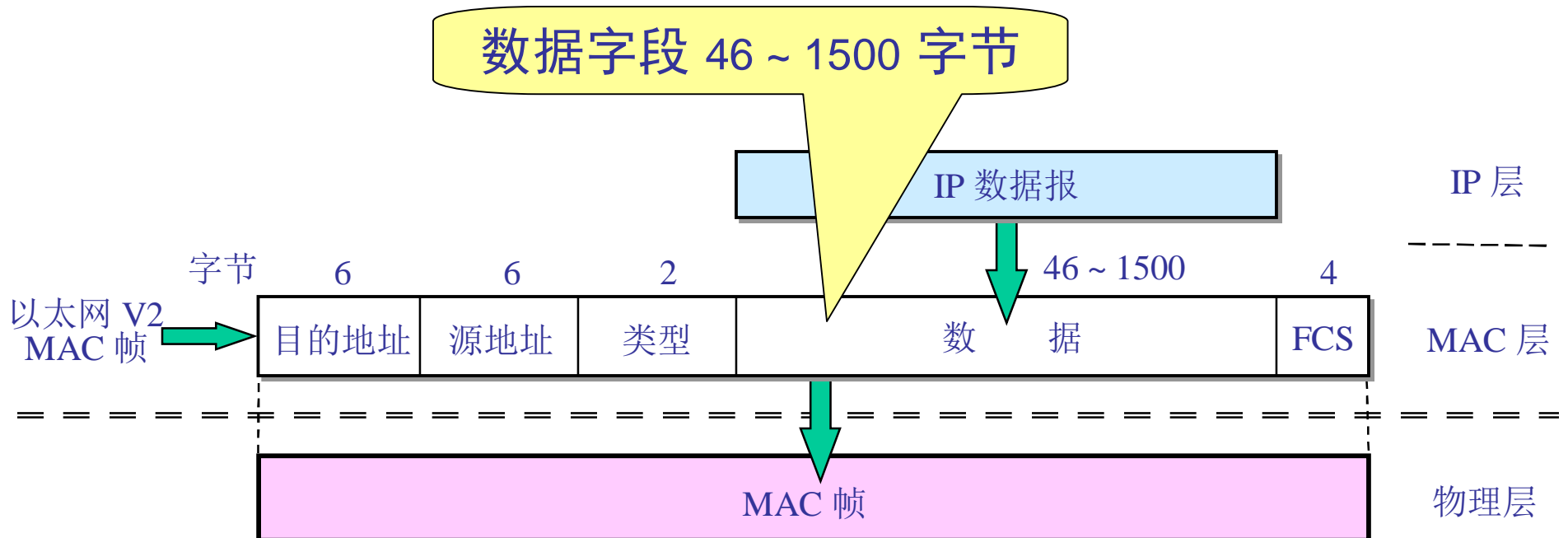
以太网 V2 的 MAC 帧格式

类型字段用来标志~~上~~一层使用的是什么协议，以便把收到的 MAC 帧的数据上交给上层的这个协议。



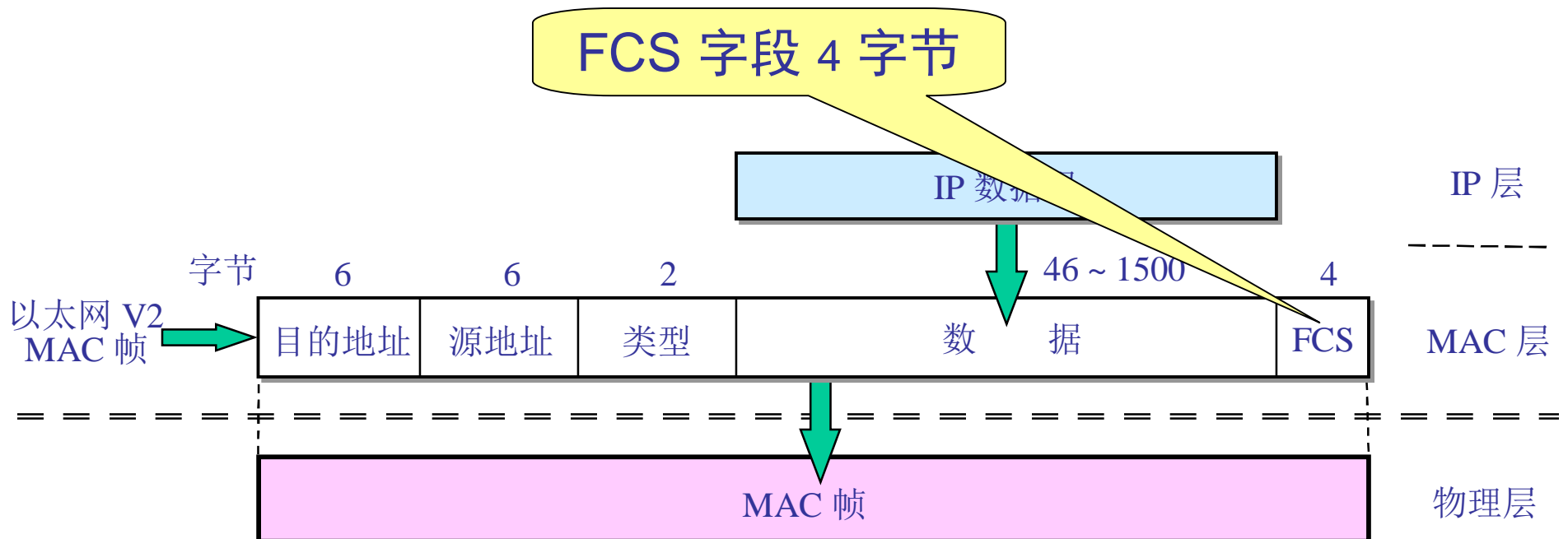
以太网 V2 的 MAC 帧格式

数据字段的正式名称是 MAC 客户数据字段
最小长度 64 字节 – 18 字节的首部和尾部 = 数据字段的最小长度



以太网 V2 的 MAC 帧格式

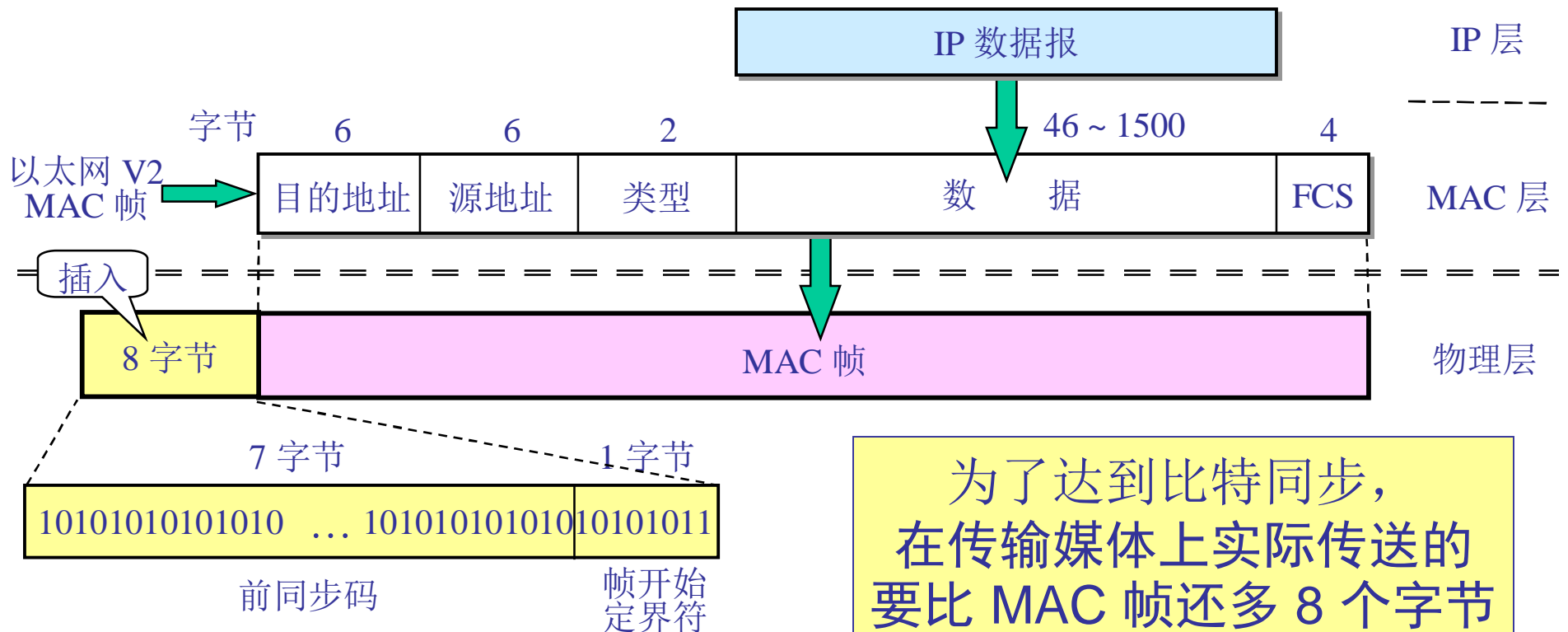
当传输媒体的误码率为 1×10^{-8} 时，
MAC 子层可使未检测到的差错小于 1×10^{-14} 。



当数据字段的长度小于 46 字节时，
应在数据字段的后面加入整数字节的填充字段，
以保证以太网的 MAC 帧长不小于 64 字节。

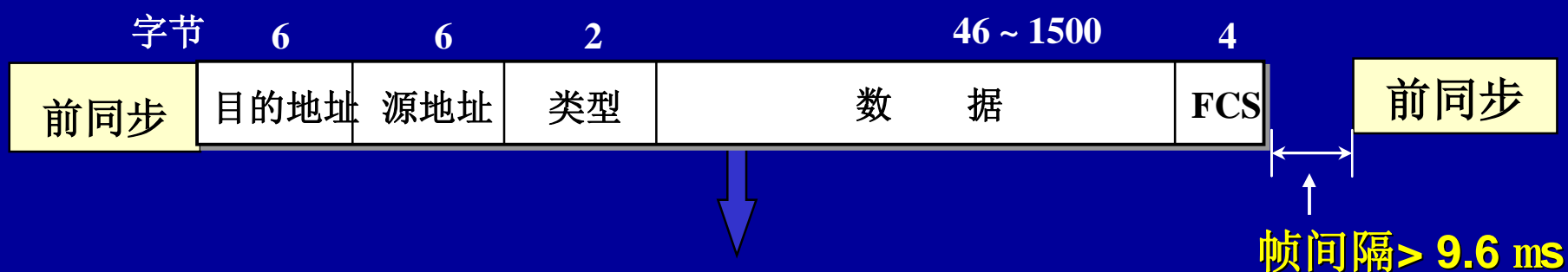
以太网 V2 的 MAC 帧格式

在帧的前面插入的 8 字节中的第一个字段共 7 个字节，是前同步码，用来迅速实现 MAC 帧的比特同步。第二个字段是帧开始定界符，表示后面的信息就是 MAC 帧。



为了达到比特同步，
在传输媒体上实际传送的
要比 MAC 帧还多 8 个字节

2、帧间隔 P88



在相继发送的两帧之间强制插入9.6ms的间隔，
以确保想要发送数据的其他站点也能占用信道，
同时让接收站点准备好接收下一帧

3、无效的MAC帧 P92

802.3标准规定凡出现下列情况之一的即为无效的MAC帧：

- (1)帧的长度不是整数个字节；
- (2)用收到的帧校验序列FCS查出有差错；
- (3)收到的帧的长度不在规定的范围内。

对于无效的MAC帧就不交给LLC子层。但是可以将出现无效的MAC帧的情况通知网络管理。

4、为什么长度不够的帧就是无效帧呢？

这是因为，CSMA / CD协议的一个要点就是当发送站正在发送时，若检测到冲突则立即中止发送，然后推后一段时间后再发送。

如果所发送的帧太短，还没有来得及检测到冲突就已经发送完了，那么就无法进行冲突检测了。

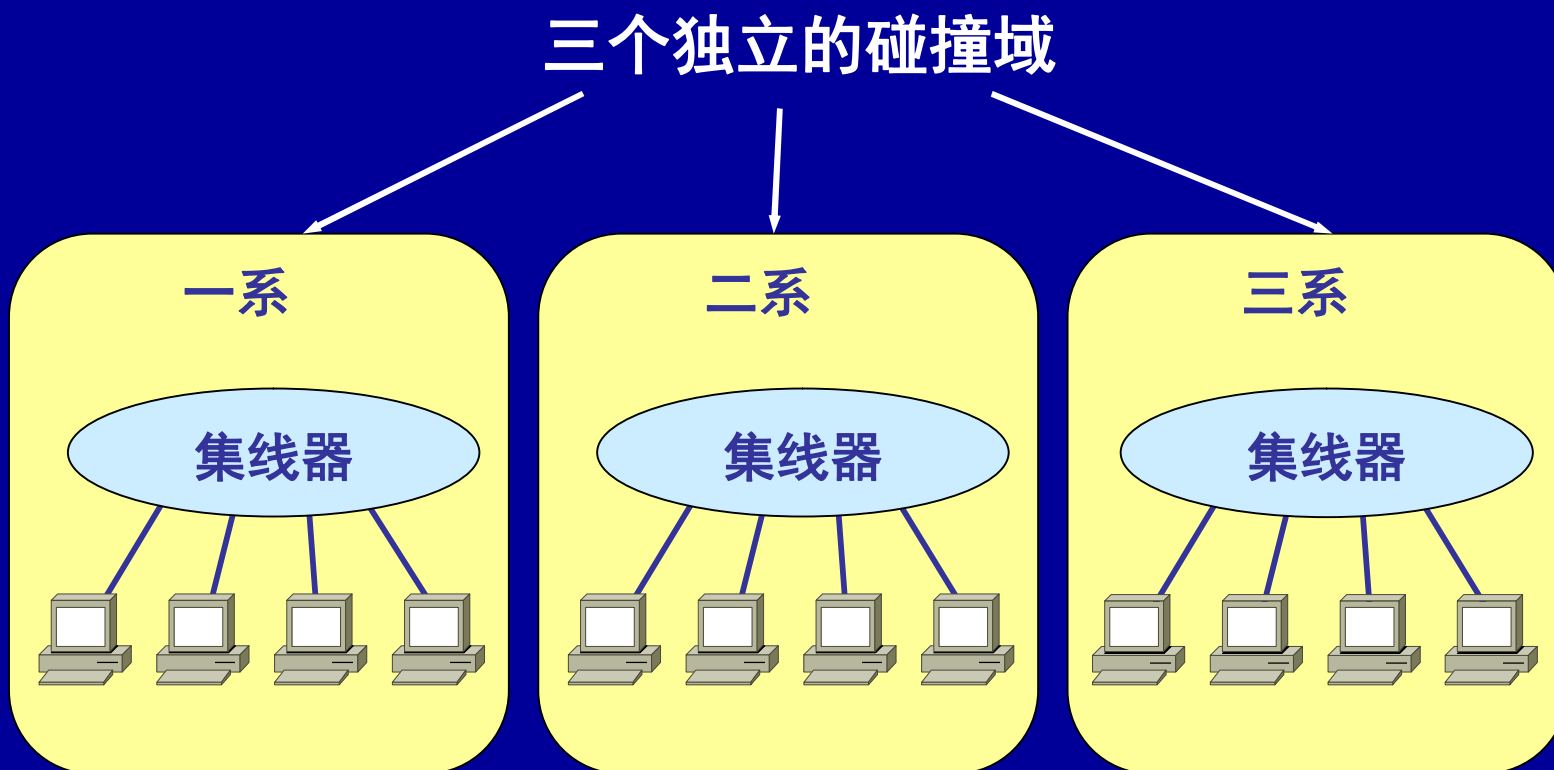
因此，所发送的帧的最短长度应当要保证在发送完毕之前，必须能够检测到可能最晚来到的冲突信号。

这段时间取为51.2us，相当于发送512bit，这样就得到MAC帧的最短尺度为512bit，或者为64字节。在接收端，凡长度不够64字节的帧就都认为是可以丢弃的无效帧。

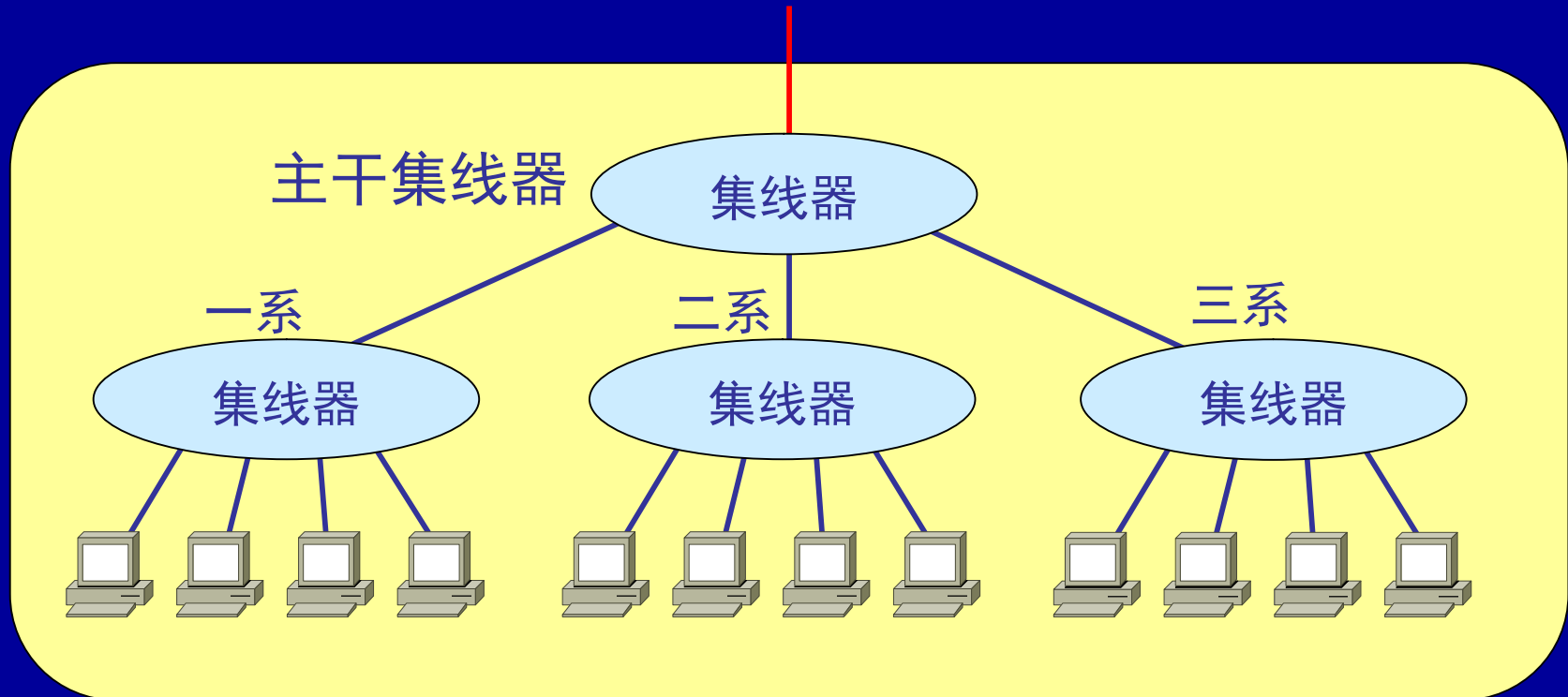
3.5 网桥和以太网交换机

3.5.1 在物理层扩展局域网

用多个集线器可连成更大的局域网



用多个集线器可连成更大的局域网



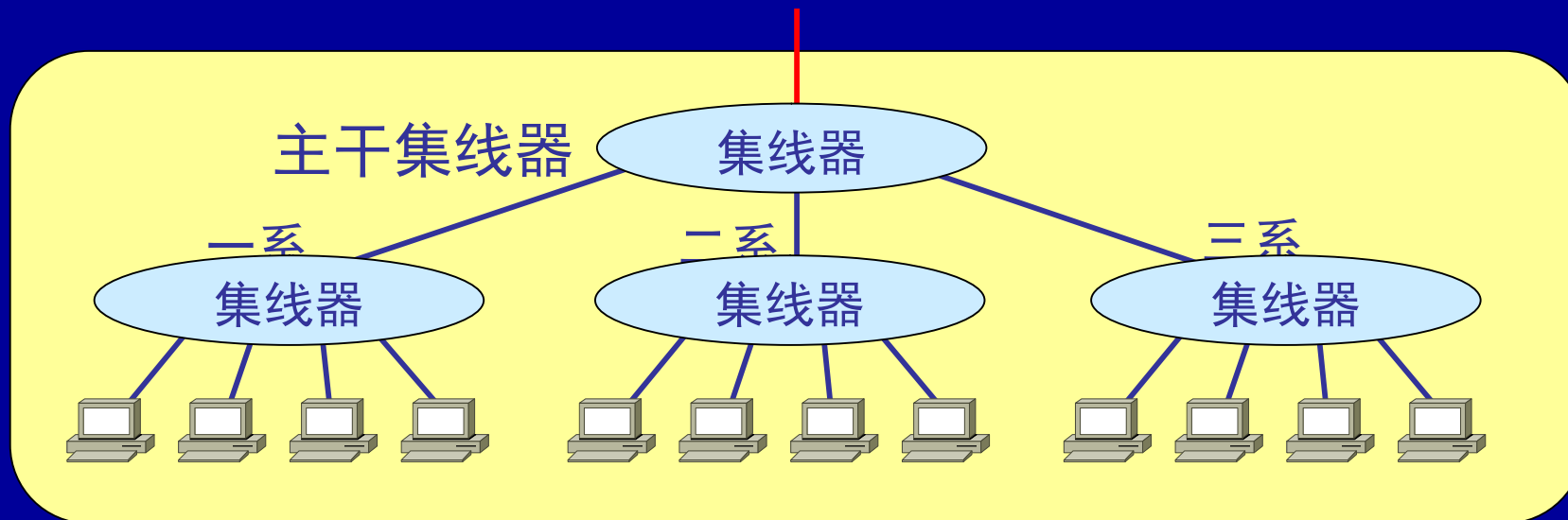
用集线器扩展局域网

i 优点

- | 使原来属于不同碰撞域的局域网上的计算机能够进行跨碰撞域的通信。
- | 扩大了局域网覆盖的地理范围。

i 缺点

- | 碰撞域增大了，但总的吞吐量并未提高。



3.5.2 在数据链路层扩展局域网

1、LAN互连的必要性及要解决的问题

LAN互连的必要性

- 地域限制
- 负载问题
- 可靠性问题
- 互通问题
- 性能/价格比高于WAN

LAN互连的麻烦

- 不同的帧格式
- 不同的数据率
- 不同的最大帧长

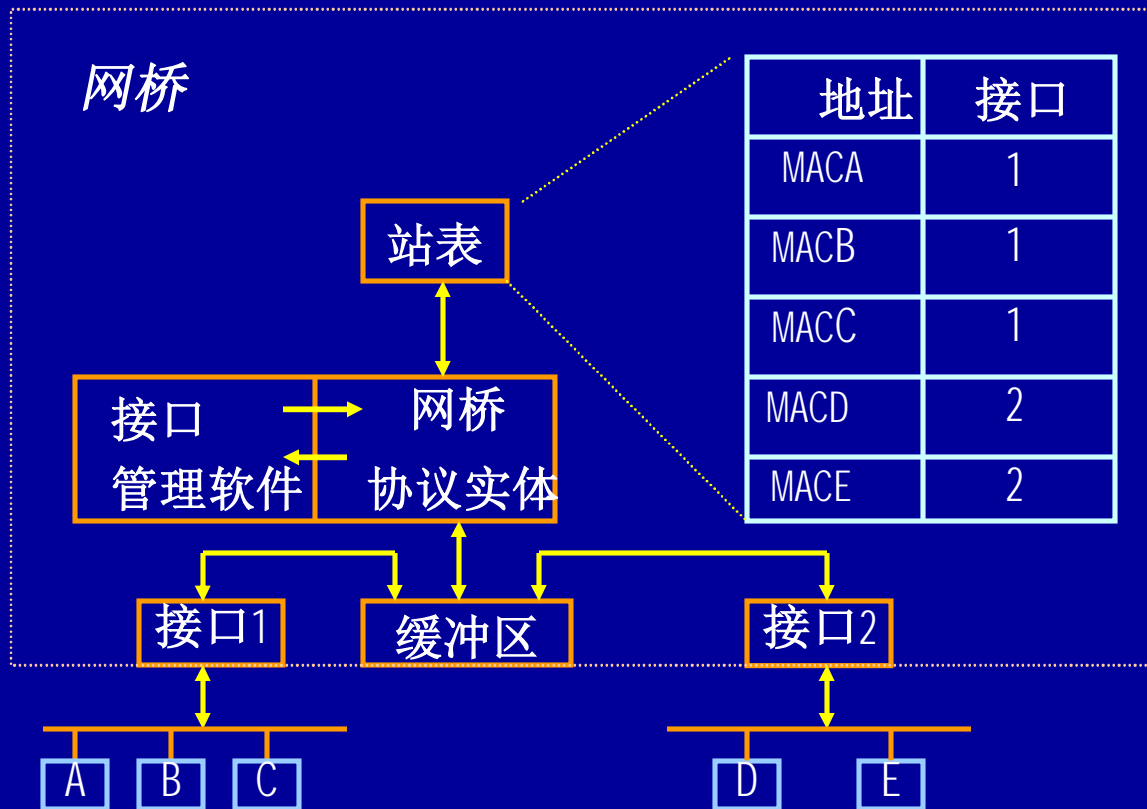
2、网桥的基本原理

- LAN通过网桥构成扩展性网络
- 网桥是数据链路层设备，作用在MAC子层上
- 网桥采用存储、转发方式，需要有足够缓存
- 网桥有寻址和路由选择能力

网桥的缺点：

- 时延增加
- 没有流量控制功能，重载时会丢失帧
- 不能防止广播风暴

网桥的工作原理P94



- (1) 接收帧
- (2) 缓存
- (3) 查表
- (4) 丢弃发往同LAN的帧；否则转发到相应接口

动画演示：P95图3—34



网桥和集线器（或转发器）不同

- 集线器在转发帧时，不对传输媒体进行检测。
- 网桥在转发帧之前必须执行 CSMA/CD 算法。
 - 由于网桥没有网卡，因此网桥并不改变它转发的帧的源地址。

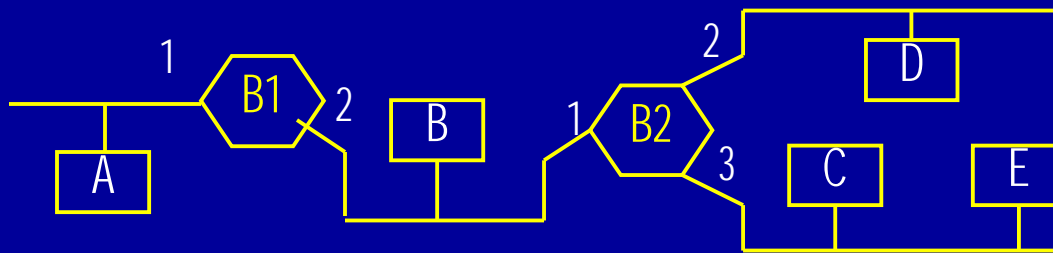
3、IEEE802.1透明网桥(802.3和802.4采用)

特点：由网桥决定路由选择，网桥和路由对各站点透明

选路方法：网桥收到来自LAN_x 的帧，查站表

- 若目的LAN = LAN_x ，则丢弃此帧
- 若目的LAN在站表中，则向目的LAN转发
- 若目的LAN不在站表中，则用洪泛法（即向除x之外的所有接口）转发

站表建立方法：在转发过程中**逆向学习**



如果网桥B1从接口2收到来自E的帧，就可以知道以后给E的帧都向接口2转发

IEEE802.1透明网桥(掌握)

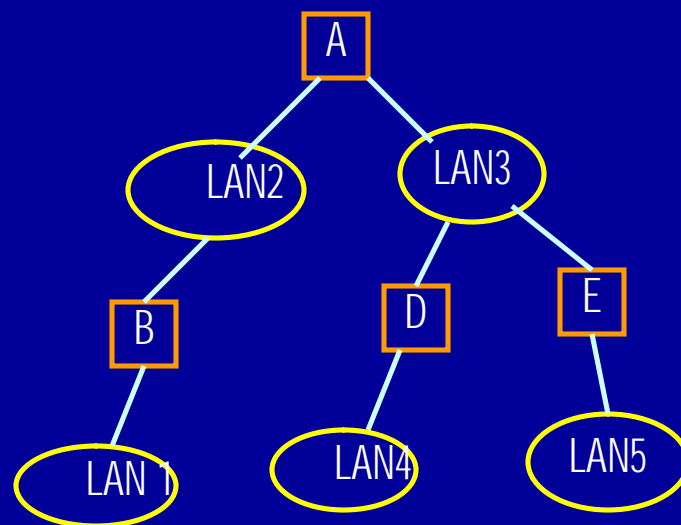
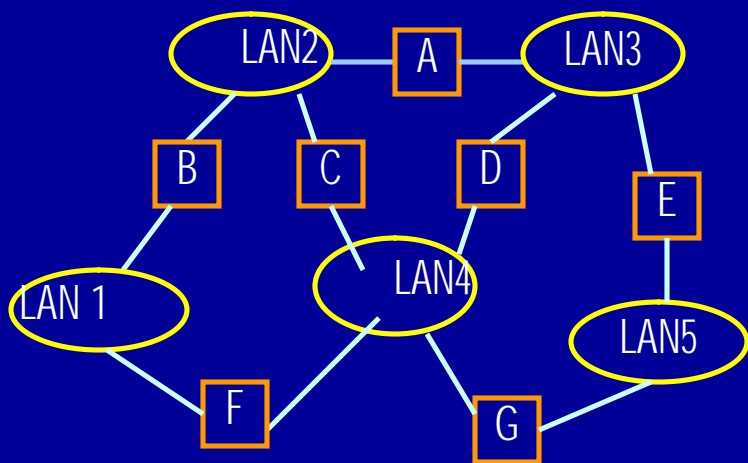
实现前提：假定LAN和网桥构成生成树，即任意两个LAN之间只有一条通路无环路

生成树协议：以序号最小的网桥为根，按照最短路径，动态求出生成树

透明网桥的优点：容易配置、安装，无需管理

缺点：不能充分利用全部资源； 不能保证最佳路由

生成树协议的构成

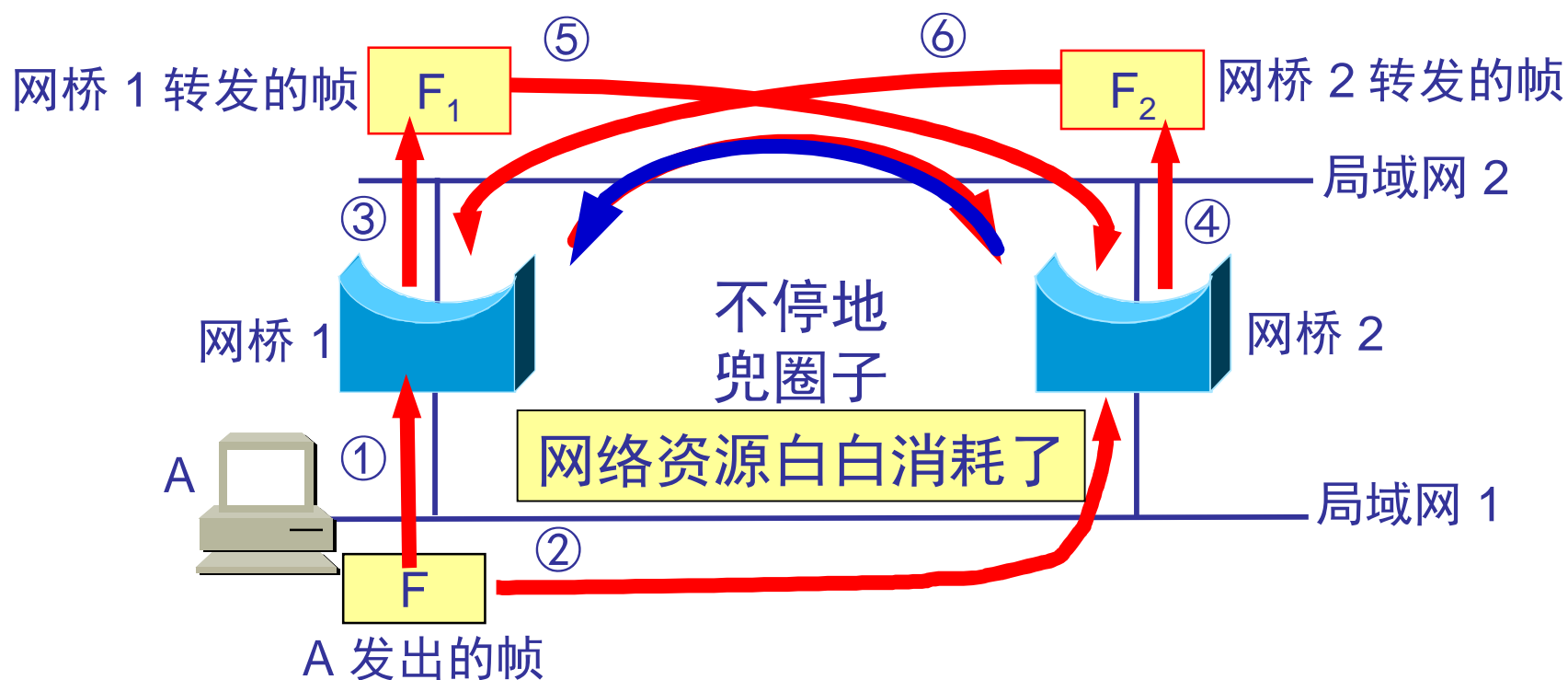


a 生成树协议：以序列号最小的网桥为根，按照最短路径，动态求出生成树，保证任意两个LAN之间只有一条通路，无环路

a 网络配置中的冗余易产生“兜圈子”问题

透明网桥使用了支撑树算法

- 这是为了避免产生转发的帧在网络中不断地兜圈子。



4、源路由网桥(IEEE802.5采用, 选学)

“特点：由源站负责路由选择，路由信息放在帧首

◆选路方法：源站向目的站发送发现帧进行探测，该帧在扩展的LAN中沿所有可能路由传送；每个发现帧都记录下它所经过的路由；

这些发现帧在到达目的站后，再沿各自的路由返回源站；

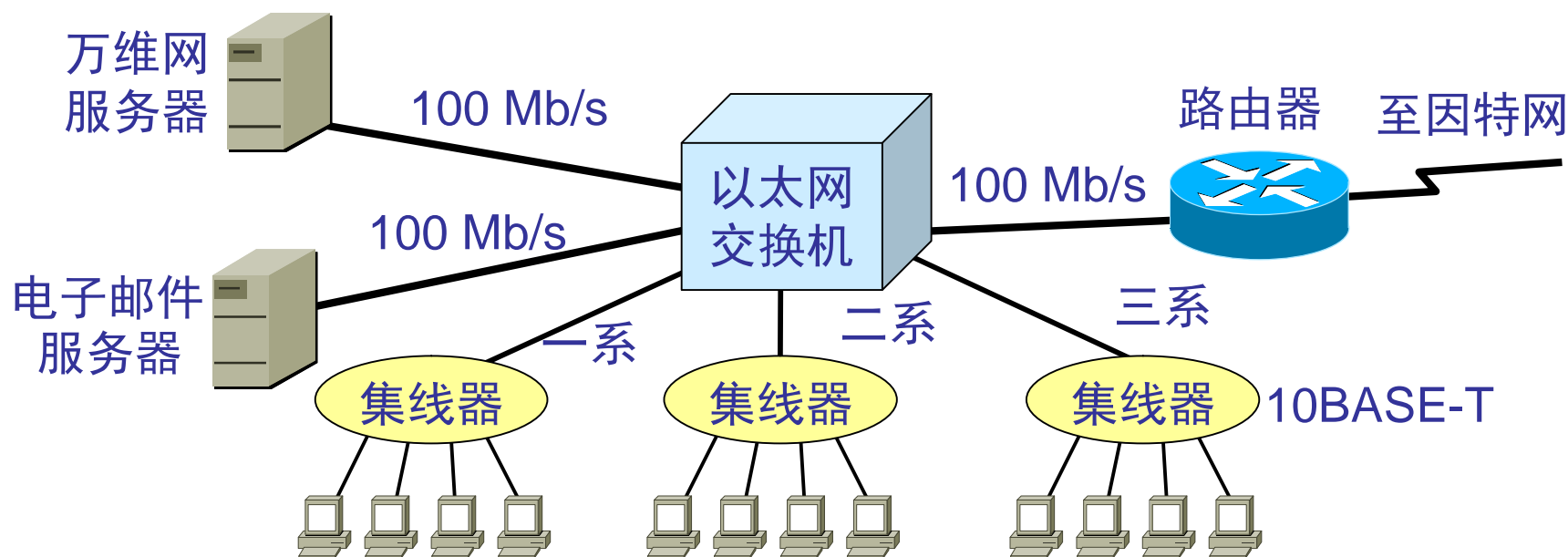
由源站选择其中的最佳路由，作为发送帧中的路由信息

5、两种网桥的比较

	透明网桥	源路由网桥
服务类型	无连接	面向连接
对源站的透明性	完全透明	不透明
配置、管理	自动配置，容易管理	人工方法
选择的路由	次佳	最佳
目的地确定方法	逆向学习	发现帧
故障处理及拓扑变化	网桥负责	主机负责
复杂性和开销	网桥负担	主机负担

3.5.3 以太网交换机

- **问题：** 站点数的增加将导致LAN的性能降低，特别是目前大量图像数据要在网上传送，则LAN的传输速率成为整个系统的瓶颈。
- **解决方法：** 引入交换式LAN，中心设备为一个交换式集线器，每块卡上有8个连接端口，支持10BaseT
- **工作原理：** 站点将帧发送，系统根据检查目的站地址将帧复制到相应的端口；

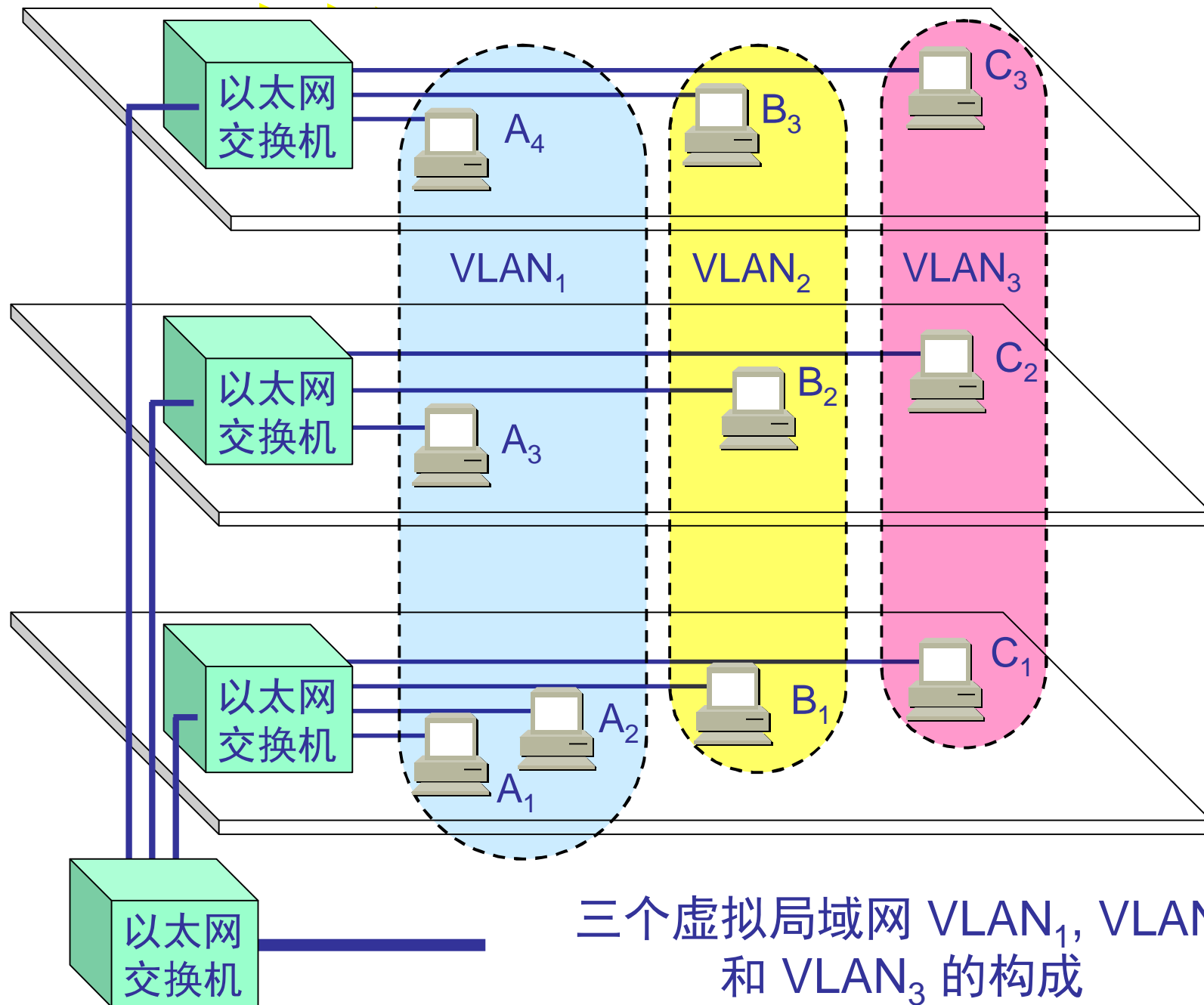


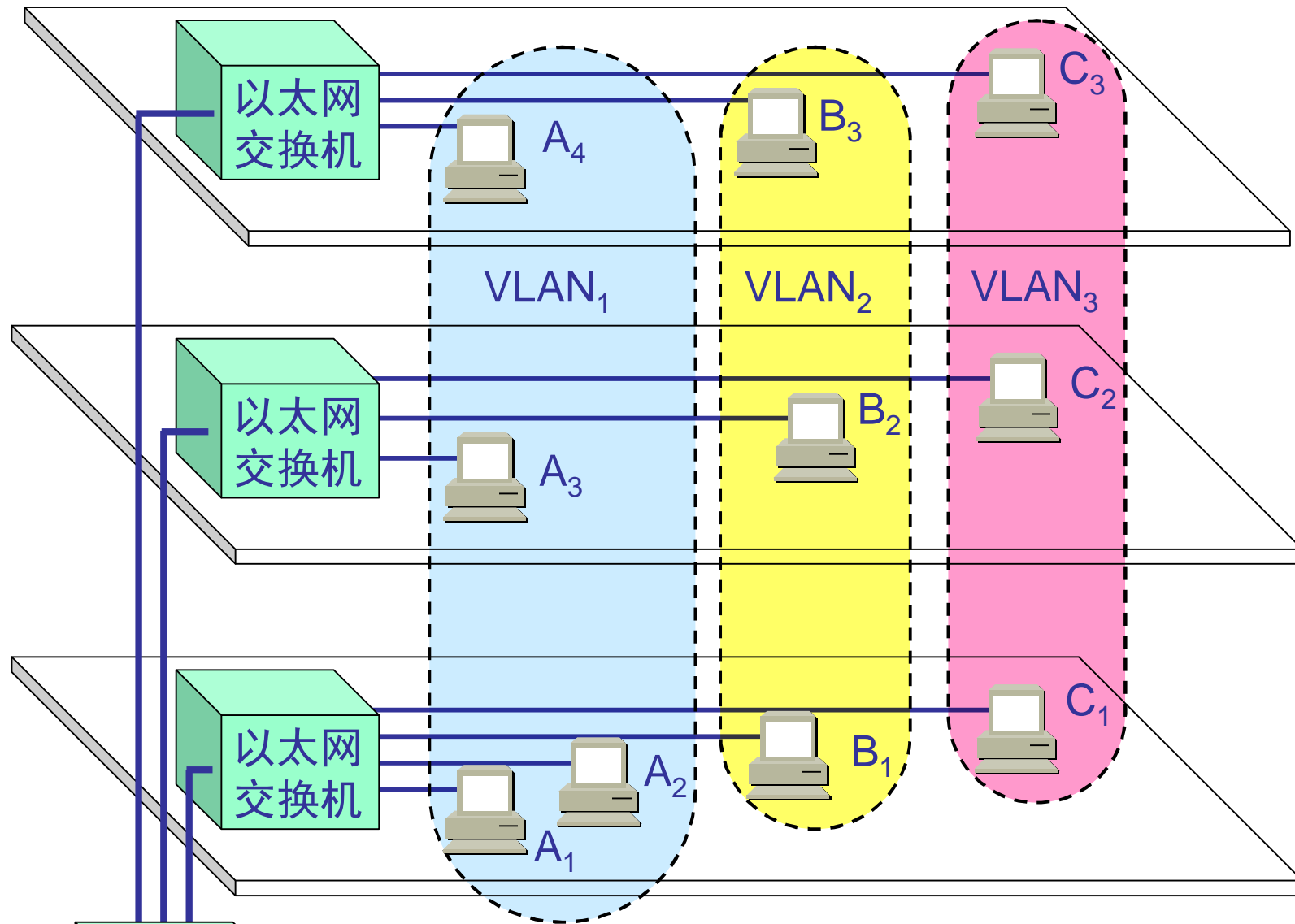
3.5.4 虚拟LAN (VLAN)

一、虚拟LAN (VLAN) 的概念

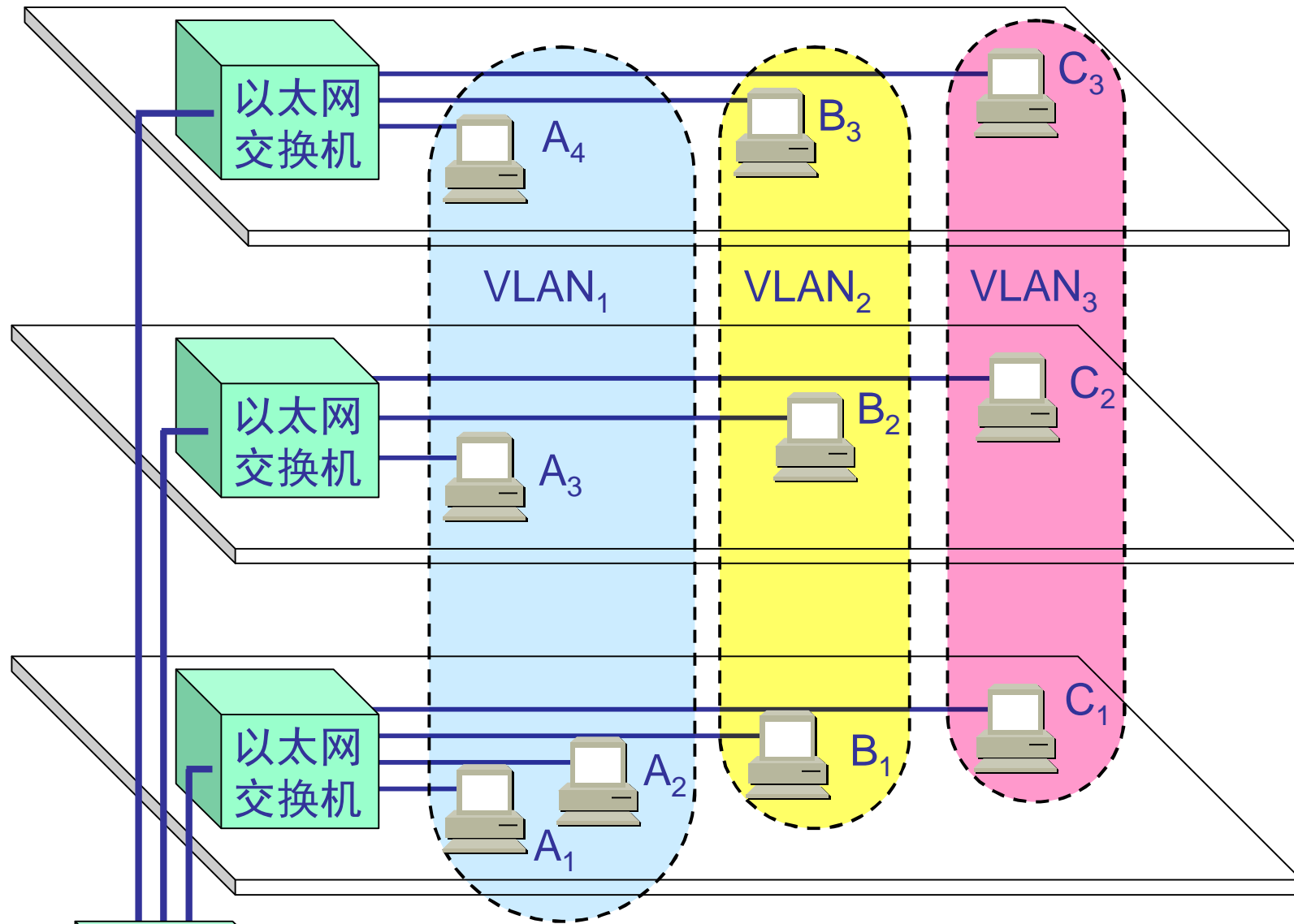
是由一些局域网段构成的与物理位置无关的逻辑组，而这些网段具有某些共同的需求。每个VLAN的帧都有一个明确的标识符，指明发送这个帧的工作站是属于哪个VLAN。

VLAN中某站发出的广播只有同一虚拟网内的站点才能收到





当 B₁ 向 VLAN₂ 工作组内成员发送数据时，
工作站 B₂ 和 B₃ 将会收到广播的信息。



虚拟局域网限制了接收广播信息的工作站数，使得网络不会因传播过多的广播信息（即“广播风暴”）而引起性能恶化。

二、交换机命令简介(实验指导书P11-12)

交换机的配置和管理可以通过多种方式实现，可以使用命令行形式或菜单形式，也可以使用Web浏览器形式或专门的网管软件（如CiscoWorks等）来实现。

普通用户模式：开机直接进入普通用户模式，提示信息：**switch>**

特权用户模式：在普通用户模式下输入**enable 14**(密码为123456)命令即可进入特权用户模式，提示信息：**switch#**

全局配置模式：在特权用户模式下输入**configure terminal**命令即可进入全局配置模式，提示信息：**switch(config)#**

接口配置模式：在全局配置模式下输入**interface interface-list** (如**interface F0/5**)即可进入接口配置模式，提示信息：**switch(config-if)#**

VLAN 配置模式：在全局配置模式下输入**vlan vlan-list** (如**vlan 5**)即可进入VLAN 配置模式。**switch(vlan)#**

交换机命令简介(实验指导书P12-13)

Ø交换机名称设置

进入交换机，并进入全局模式，键入命令

S2126G-24-1(config)#hostname switchname

例如: **S2126G-24-1 (config)#hostname switch2126**

Switch2126 (config)#

Ø交换机IP地址设置

Switch2126(config) #interface vlan 1

Switch2126-1(config-if) #ip address 172.10.10.2 255.255.255.0

Switch2126-1(config-if) #no shutdown

交换机VLAN的基本配置(实验指导书P14)

Ø显示VLAN信息

S2126G-24-1#show vlan [vlan-id]

%其中vlan-id是输入的VLAN ID号，范围为1-4094。

Ø创建、修改一个VLAN

S2126G-24-1(config)#vlan vlan-id

%如输入的是一个新的VLAN ID，则会创建一个VLAN，如果输入的是已经存在的VLANID，则修改VLAN。

Ø删除一个VLAN

S2126G-24-1(config)#no vlan vlan-id

%要注意的是，缺省VLAN即VLAN 1是不能被删除的。

交换机VLAN的基本配置(实验指导书P14)

Ø接口相关配置

S2126G-24-1(config)#int fastethernet 0/3

%进入接口 f0/3，对该接口进行配置。

S2126G-24-1(config-if)#switchport mode access

%将接口 f0/3配置为普通的接入模式。

S2126G-24-1(config-if)# switchport access vlan 3

%将接口 f0/3分配接入到vlan 3内。

3.7 无线 LAN（选学）

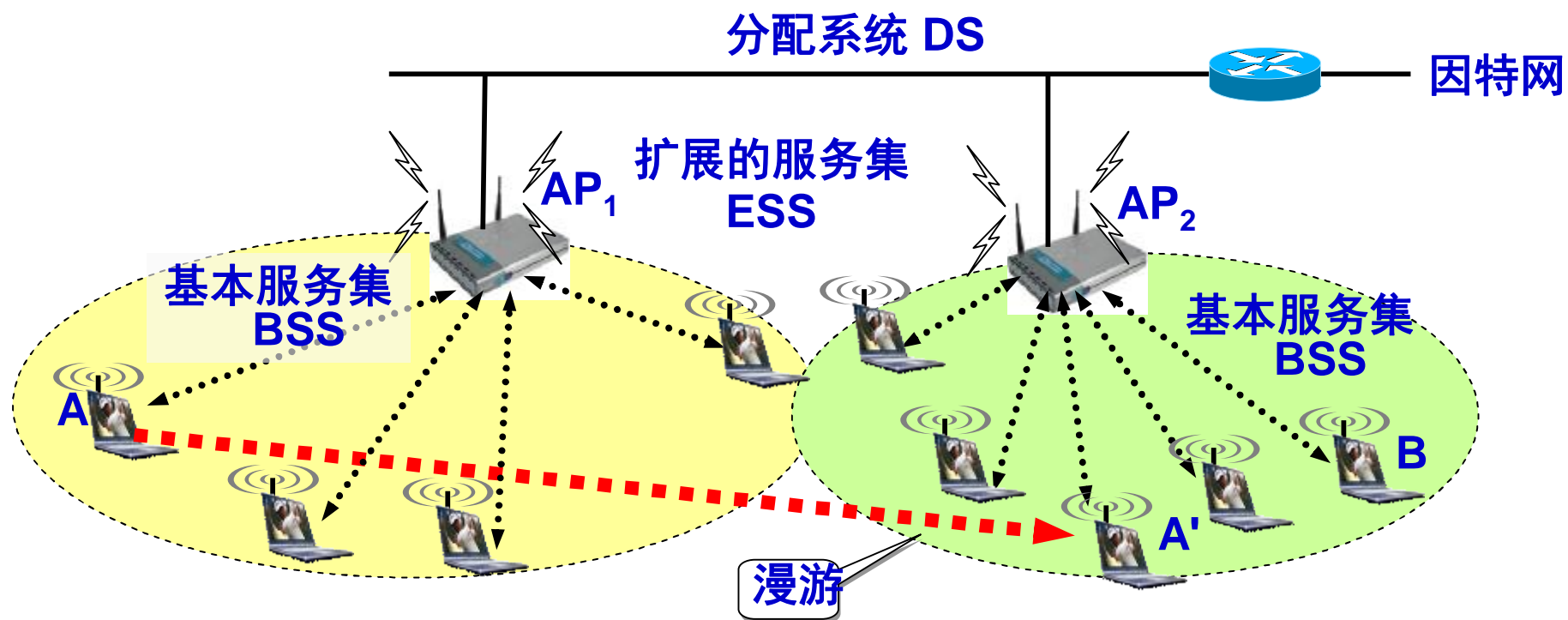
1、无线LAN的必要性

无线LAN的优点：

- Ø 灵活接入
- Ø 节省布线开销
- Ø 频带较宽，小范围内可以支持更多用户接入
- Ø 易于扩充覆盖范围
- Ø 易于管理

2、无线LAN的组成

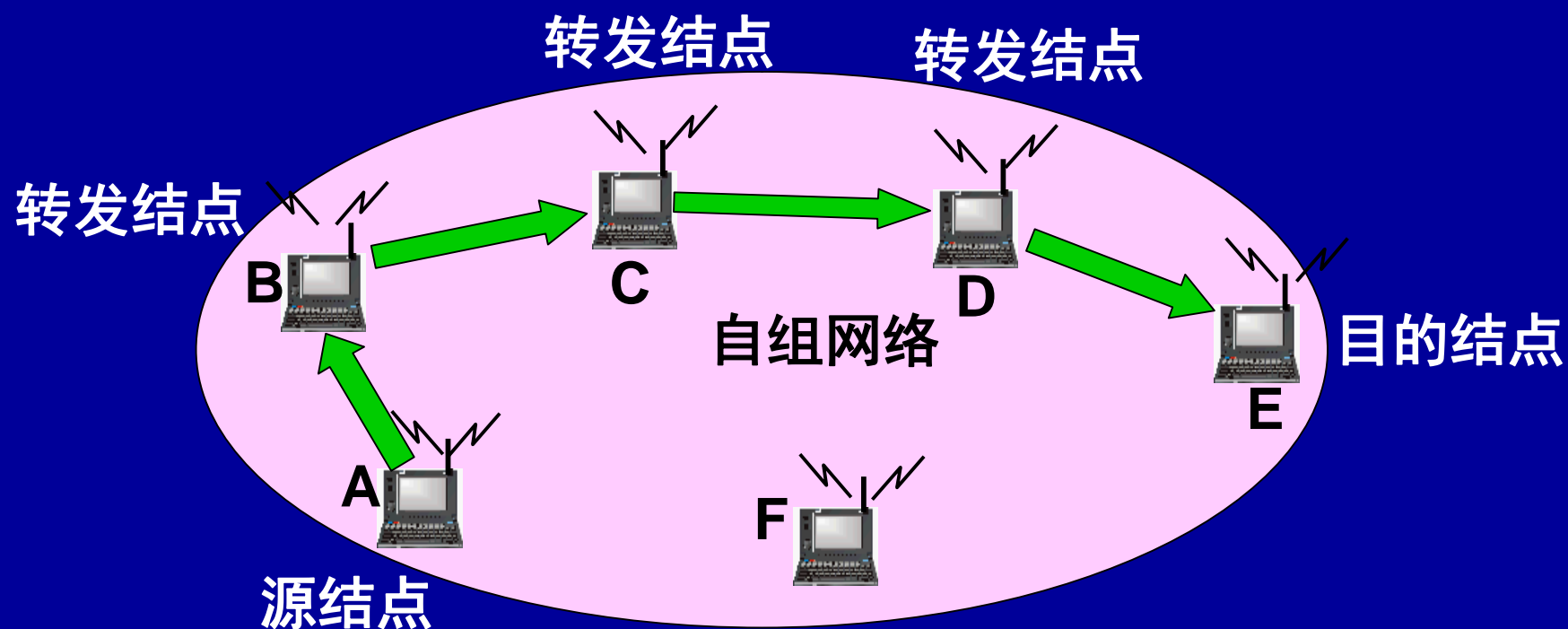
有固定基础设施的无线局域网



无固定基础设施的无线局域网

自组网络(ad hoc network)

- 自组网络没有上述基本服务集中的接入点 **AP** 而是由一些处于平等状态的移动站之间相互通信组成的临时网络。



移动自组网络的应用前景

- | 在军事领域中，携带了移动站的战士可利用临时建立的移动自组网络进行通信。
- | 这种组网方式也能够应用到作战的地面车辆群和坦克群，以及海上的舰艇群、空中的机群。
- | 当出现自然灾害时，在抢险救灾时利用移动自组网络进行及时的通信往往很有效的，

3、无线 LAN 协议

- ✓ **IEEE802.11**: 主要用于解决办公室局域网和校园网中, 用户与用户终端的无线接入, 业务主要限于数据存取, 速率最高只能达到 2Mbps;
- ✓ **802.11b**: 物理层支持 5.5 Mbps 和 11 Mbps 两个新速率, 可支持数据、语音业务;
- ✓ **802.11a**: 物理层速率可达 54 Mb/s, 传输层可达 25Mbps, 可提供 25Mbps 的无线 ATM 接口和 10Mbps 的以太网无线帧结构接口, 可支持语音、数据、图像业务;
- ✓ **蓝牙 (IEEE 802.15)**: 物理层速率为 1Mbps, 比 802.11 更具移动性, 能把一个设备连接到 LAN 和 WAN, 甚至支持全球漫游; 成本低、体积小, 可用于更多的设备; 但是, 蓝牙主要是点对点的短距离无线发送技术。

无线 LAN设备

- Ø 无线网卡：便携机的内置**PCMCIA**卡、台式机的内置**PCI+PCMCIA**卡、以及两者皆适用的外接**USB**适配器；使用**2.4GHz ISM**频段，物理层带宽可达**11Mbps**。
- Ø 无线基站（接入点：**AP**）：提供子网内无线设备的组网以及与有线骨干网的桥接
- Ø 无线网桥：实现**WLAN**互连的透明网桥，距离可达**20km**，最大数据率**11Mbps**
- Ø 无线路由器
- Ø 无线网关

IEEE 802.11b WLAN

- Ø 带宽最高可达11Mbps，比IEEE 802.11标准快5倍，可以根据实际情况采用5.5Mbps、2 Mbps和1 Mbps带宽，实际的工作速度在5Mb/s左右
- Ø 物理层采用DSSS，2.4GHz
- Ø MAC子层依然采用CSMA/CA
- Ø 使用范围：室外为300米；在办公环境最长为100米
- Ø 支持漫游
- Ø 可支持上百个用户
- Ø 安全性：内置式身份认证和加密

4、 其他无线计算机网络

- | (1) 无线个人区域网（或无线个域网）WPAN
- | (Wireless Personal Area Network)。
- | WPAN 就是在个人工作地方把属于个人使用的电子设备（如便携式电脑、掌上电脑以及蜂窝电话等）用无线技术连接起来，整个网络的范围大约在 10 m 左右。WPAN 可以是一个人使用，也可以是若干人共同使用。
- | WPAN的 IEEE 标准都由 IEEE 的 802.15 工作组制定，而欧洲的 ETSI 标准则把无线个人区域网取名为 HiperPAN。

无线个人区域网

- | 无线个人区域网实际上就是一个低功率、小范围、低速率的电缆替代技术，而前面所讲的 **802.11** 无线局域网则是一个大功率、中等范围、高速率的接入技术）。
- | 蓝牙(**Bluetooth**)系统（**802.15**）就是早期**WPAN** 的一个例子。蓝牙由爱立信公司与**1994** 年推出，工作在 **2.4 GHz** 频段，数据率可达 **1 Mbit/s**，通信范围在 **10 ~ 30** 米之间。
- | **802.15.3**，也称为超宽带 **UWB (Ultra-Wide Band)**，可支持高达 **400 Mbit/s** 的数据率，允许小范围内传送 **DVD** 质量的多媒体视频。

无线城域网 WMAN

- (2) 无线城域网 WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)。WMAN提供“最后一英里”的宽带无线接入（固定的、移动的和便携的），可用来代替现有的有线宽带接入（xDSL、HFC或 FTTx）。
- WMAN 的标准有 IEEE 的 802.16 和 ETSI 的HiperMAN，可在 10 ~ 66 GHz 频段提供高达134 Mbit/s 的数据率，通信距离可达 50 km 左右。

WiMAX

- | **WiMAX** 是 **Worldwide Interoperability for Microwave Access** 的缩写（意思是“全球微波接入的互操作性”。
- | **WiMAX** 论坛成立于 **2001** 年 **4** 月，现在已有超过 **150** 家著名IT行业的厂商参加了这个论坛。在许多文献中，
- | **WiMAX** 常用来表示无线城域网 **WMAN**，这与**Wi-Fi** 常用来表示无线局域网 **WLAN** 是类似的。

主流无线技术对比

	3G	Wi-Fi	WiMAX
无线上网技术	主流	主流	2010 年前后成为主流
主流业务	话音通信业务	无线上网	高速率的数据传输
上网设备	手机及部分智能型手机	计算机及有上网能力的 PDA	同 Wi-Fi
上网设备特点	屏幕较小，不适合工作用途，如查找资料等	屏幕较大，可以用标准的浏览器登录互联网	同 Wi-Fi
网络类型	无线广域网(WAN)技术	无线局域网网(WLAN)技术	无线城域网(WMAN)技术
竞争对手	WAN 领域的 IEEE802.20	固定宽带上网	DSL 和 Cable Modem 等传统宽带接入技术
过渡结果	4G	4G	
发展方向	5G	SDN, 5G	5G

本章知识点

Ø三个基本问题：封装成帧，透明传输，差错检测

Ø点对点协议 PPP

Ø以太网的两个标准

ØMAC帧结构

Ø扩展以太网，LAN体系结构、各层功能

Ø网桥的功能、工作原理、两种网桥的原理和区别

Ø无线LAN的组成和主要协议

作业

P118 3—5 3—6 3—19 3—24

补充题：若信息代码为10101101，生成多项式
 $G(X)=X^4+X^3+X^2+1$ ，则求其循环冗余码中：

- (1)冗余位数，并说明由何而定？
- (2)冗余位，并写出过程；
- (3)写出循环冗余码。