



# 第15章 局域网概述

南京大学计算机系 黄皓教授

2007年9月7日 星期五



# 参考文献

1. Rich Seifert, 千兆以太网-技术与应用, 机械工业出版社, 2000年。
2. 敖志刚, 万兆位以太网及其实用技术, 电子工业出版社, 2007年7月。



# 引言 —— 以太网的发展史

## ■ 1973-1982: 以太网的产生与DIX联盟

- 1973年，位于加利福尼亚Palo Alto的Xerox公司提出并实现了最初的以太网。Robert Metcalfe博士被公认为以太网之父，他研制的实验室原型系统运行速度是 (3Mb/s)。
- 1979年，Xerox (专利和技术)、DEC(最大的网络计算机供应商)、Intel (将商品化以太网集成到廉价芯片中) 公司联合起来，致力于以太网技术的标准化和商品化，并促进该项技术在网络产品中的应用。
- 由它们组成的DEC-Intel-Xerox(DIX)三驾马车，1980年9月开发并发布了10Mb/s版的以太网标准：
- Digital Equipment Corp., Intel Corp., Xerox Corp., The Ethernet: A Local Area Network, Data Link Layer and Physical Layer Specifications, Version 1.0, September, 1980.



# 引言 —— 以太网的发展史

## ■ 1973-1982: 以太网的产生与DIX联盟

- 与DIX工作同步的是，IEEE成立了如今闻名的802计划，其目标是为LAN技术标准化提供广泛的工业框架。
- 802的第一次会议于1980年2月在加利福尼亚的旧金山召开。该委员会被分成了几个工作组（WG）。
- IEEE 802 . 3 研究基于以太网，IEEE 802 . 4 研究令牌总线，802.5 研究令牌环。



# 引言 —— 以太网的发展史

## ■ 1982 -1990 : 10Mb/s 以太网发展成熟

- 1983 年6 月，IEEE 标准委员会通过了第一个802 . 3 标准。与 DIX 以太网标准基本上使用的是相同的技术。
- Synoptics Communications 公司开发了在双绞线上传输 10Mb/s 以太网信号的技术。
- IEEE 于1990 年9 月通过了使用双绞线介质的以太网（10BASE-T ）标准。



# 引言 —— 以太网的发展史

## ■ 1983 - 1997 : LAN 桥接与交换

- DEC 在80 年代初开发了第一个透明LAN 网桥，并于1984 年发布了商品化产品。
- 1990 年发布了IEEE 802.1D 标准。 IEEE Standard 802.3x, Specification for 802.3 Full Duplex Peration, 1997。



# 引言 —— 以太网的发展史

## ■ 1992 - 1997：快速以太网

- 1991 - 1992 年间，Grand Junction 网络公司开发了一种高速以太网，运行速度达到100 Mb/s。
- IEEE Standard 802.3u, Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Medium Attachment Units, and Repeater for 100Mb/s Operation, Type 100BASE-T, 1995。



# 引言 —— 以太网的发展史

## ■ 1996 - 今：千兆以太网

- 交换技术与快速以太网的结合无疑对网络服务器和园区主干网施加了更大的压力。
- 1996 年IEEE802.3 成立了一个标准开发任务组，1998 年完成并通过了标准。
- Draft Standard 802.3z, Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layer, Repeater Management Parameters for 1000Mb/s Operation, 1998。





# 引言 — 以太网流行的原因

- 以太网从一开始就得到了许多计算机制造商的支持。
- 以太网特别简单。
  - 它的确缺乏许多诱人的特性和选项，而这对它没有任何损害，相反还是一个优点，因为构造以太网使用的电路较少，由此可以降低成本。



# 15.1 背景 — 局域网的应用领域

- 个人计算机局域网
  - 共享部门级的服务器
  - 共享部门级的设备
  - 客户/服务器计算模式
  - 个人计算机之间的通信



# 15.1 背景 — 局域网的应用领域

## ■ 后端网络和存储网络

- 大型机、超级计算机和海量存储器设备进行互连。
- 存储域网络(Storage Area Network, SAN)。SAN将特定服务器的存储任务分离出来。(15.1)

## ■ 高速办公室网络。

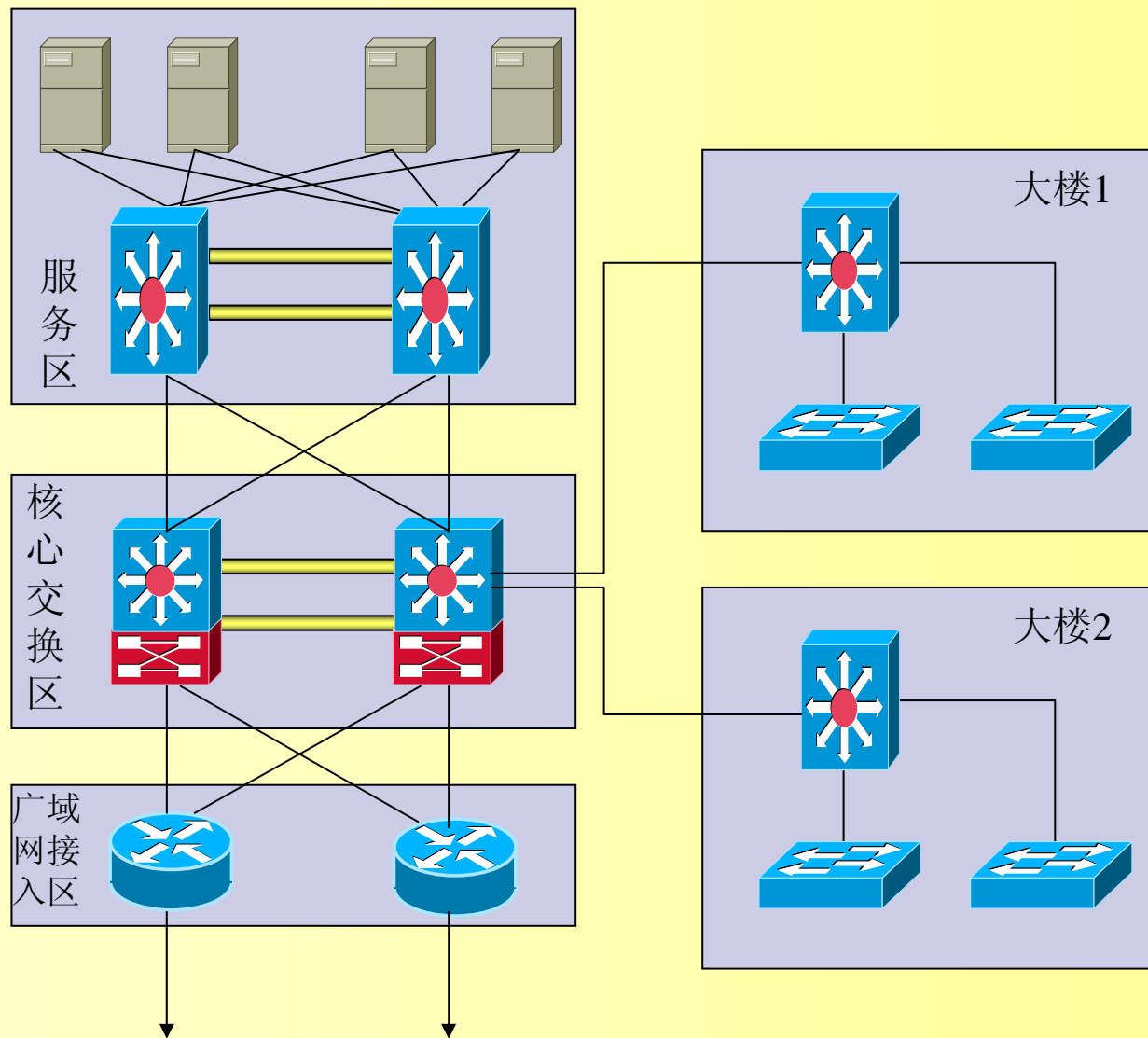
- 桌面图像处理器、视频点播、传真等大数据量的应用需要很大的网络数据流量。



# 15.1 背景 — 局域网的应用领域

## ■ 主干局域网

- 把一座(很可能是大型)建筑或一组建筑内的所有设备互连起来。
- 建筑物或部门内使用成本低、容量小的网络，然后再用大容量局域网把它们互连起来。





## 15.2 拓扑结构和传输媒体

### ■ 局域网的主要构成

- ☐ 拓扑结构
- ☐ 布局
- ☐ 传输媒体
- ☐ 媒体接入控制

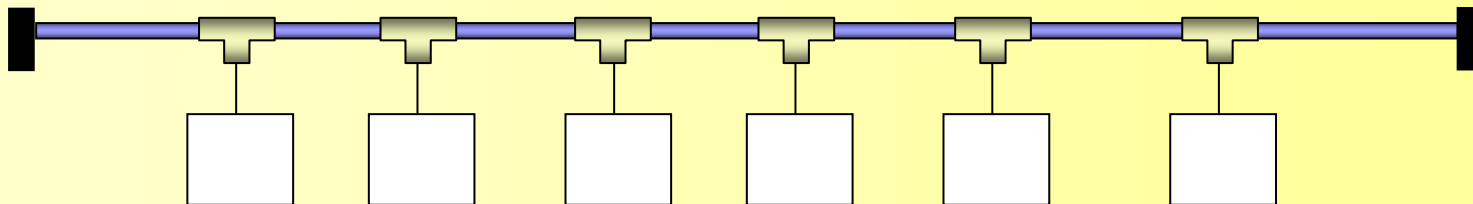
四种不同范畴在选择时会互相依赖。



## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 总线拓扑结构

- 使用多接入点媒体。所有站点通过称为分接头(tap)的硬件接口直接连接到一个线性传输媒体上。
- 在站点和分接头之间的全双工操作使得数据能够在总线上发送和接收。
- 来自任何站点的传输沿前后两个方向传遍整个媒体，并被所有其他站点接收。在总线的两端是端接器，它吸收所有信号并将之排出总线。

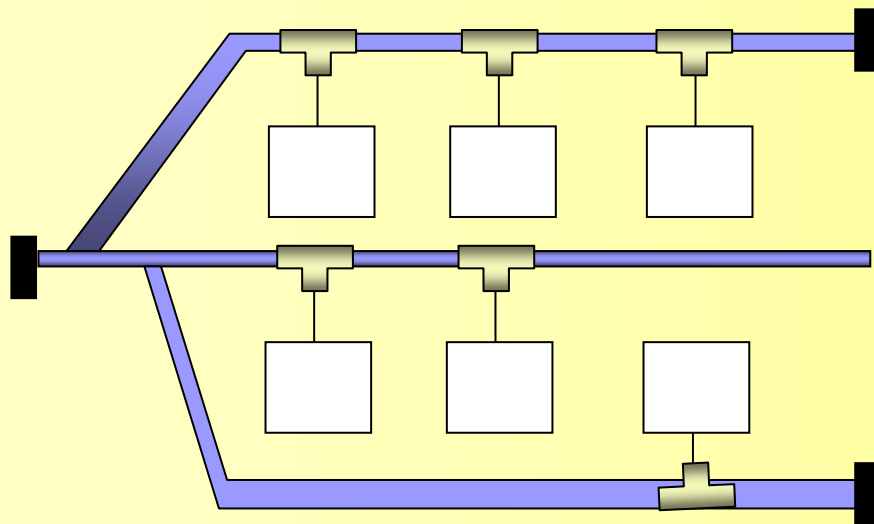




## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 树形拓扑结构

- 来自任意站点的传输将传遍整个媒体，并被所有其他站点接收。







## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 共享介质的问题

- 目标地址问题
- 访问控制问题

分成帧，设置帧头，指示目标地址。



## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 环形拓扑结构

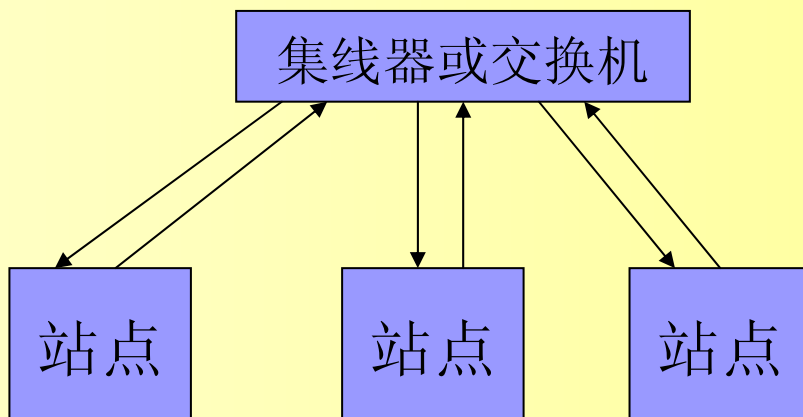
- 网络由一组转发器(repeater)构成，转发器由点对点的链路连接。
- 这些链路是单向的，即数据只按同一个方向传输，其结果是数据在环中沿一个方向循环。
- 每个站点与网上的一个转发器相连。
- 需要媒体接入控制来
- 决定每个站点在什么时候可以插入帧。



## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 星形拓扑结构

- 在星形(star)局域网的拓扑结构中，各站点直接连到一个公共的中心节点上。通常，各站点通过两条点对点链路连到一个中心节点，一条传输，一条接收。
- 集线器
- 交换机





## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 拓扑结构的选择

#### □ 选择拓扑结构的因素

■ 可靠性、可扩展性、性能。

□ 使用基带同轴电缆的总线拓扑结构难于使用。

□ 使用双绞线对或光纤的星形拓扑结构有很好的扩展性。

□ 距离相当远、速度非常高的链路可用在环形拓扑结构中。



## 15.2 拓扑结构和传输媒体 — 拓扑结构

### ■ 传输媒体的选择

- 传输媒体的选择受到局域网的拓扑结构的限制。
  - 容量、可靠性、支持的数据类型、环境范围。
- 3类非屏蔽双绞线(UTP)是一种便宜且已成熟的媒体，一般情况下它能支持的数据率非常有限。
- 屏蔽双绞线和基带同轴电缆要贵得多，但是能够提供较大的容量。
- 5类UTP，可以为少量设备提供高数据率；如果使用星形拓扑结构，并将多个星形配置中的交换设备互相连接起来就能够支持大型网络安装。
- 光纤有很多吸引人的优点，如电磁隔离、大容量、小体积，但是光纤构件的价格太高。



## 15.3 局域网体系结构

### ■ 物理层

- 拓扑结构
- 传输媒体

### ■ 链路层

- 媒体接入控制(MAC)
- 逻辑链路控制(LLC)



## 15.3 局域网体系结构

### ■ 链路层的功能

- 在传输时，将数据和地址及差错检测字段组装成帧。
- 在接收时，分解帧，并执行地址识别和差错检测。
- 监管局域网传输媒体的接入。
- 向高层提供接口并执行流量控制和差错控制。

### ■ 将链路层分为MAC层与LLC层的原因

- 对共享接入式媒体的接入管理需要一些逻辑，而它们在OSI第2层数据链路控制中是找不到的。
- 对于相同的LLC，可以提供几个MAC的选择。



## 15.3 局域网体系结构

### ■ LLC服务

- ☐ 不确认的无连接服务
- ☐ 连接模式服务
- ☐ 确认的无连接服务

### ■ 媒体接入控制

- ☐ 集中控制
- ☐ 循环
- ☐ 预约
- ☐ 争用





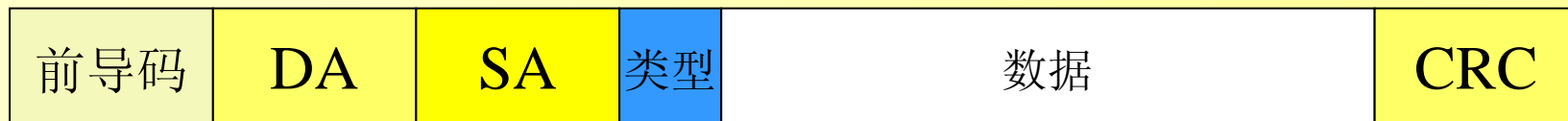
# LLC PDU 一般MAC帧格式

MAC 控制	目的MAC 地址	源MAC 地址	LLCPDU	CRC
-----------	-------------	------------	--------	-----



# 以太网帧结构

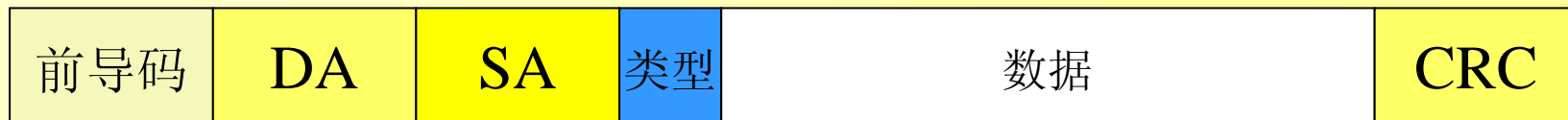
- 前导码(preamble)包含8个字节。前7个字节的值为0x55，而最后一个字节的值为0xD5。
  - 结果前导码将成为一个由62个1和0相隔(10101010...)的串行比特流，最后2位是连续1。表示数据链路层帧的开始。
  - 在DIX的太网中，前导码被认为是物理层封装的一部分，而不是数据链路层的封装。





## 以太网帧结构 (续)

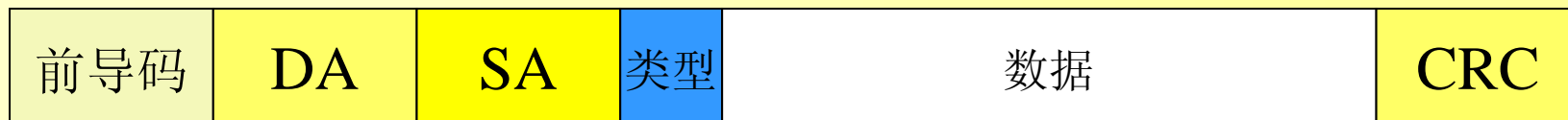
- 目的地址(DA)包含6个字节。DA标识了帧的目的站点。DA可以是单播地址或组播地址。
- 源地址(SA)包含6个字节。SA标识了发送帧的站。SA通常是单播地址(即, 第1位是0)。





## 以太网帧结构 (续)

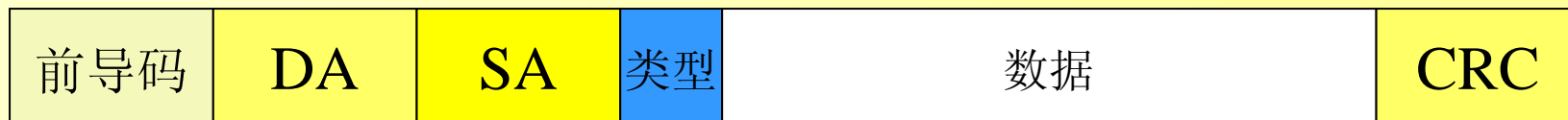
- 类型域包含2个字节。类型域标识了在以太网上运行的客户端协议。使用类型域，单个以太网可以向上复用 (upward multiplex) 不同的高层协议(IP, IPX, AppleTalk, 等等)。
- 以太网控制器一般不去解释这个域，但是使用它来确定所连接计算机上的目的进程。本来类型域的值由Xerox公司定义，但在1997年改由IEEE负责。





## 以太网帧结构 (续)

- 数据域包含46. 1500字节。数据域封装了通过以太网传输的高层协议信息。
- 由于CSMA/CD算法的限制，以太网帧必须不能小于某个最小长度。高层协议要保证这个域至少包含46字节。
- 如果实际数据不足46个字节，则高层协议必须执行某些(未指定)填充算法。

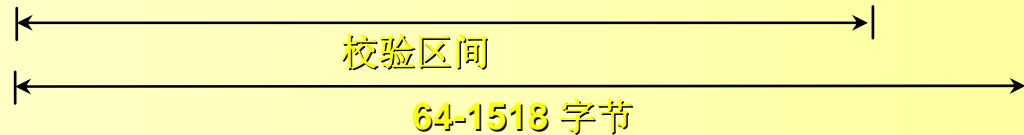




# 802.3/Ethernet v2帧格式

7	1	2/6	2/6	2	46-1500		4 字节
PA	SFD	DA	SA	LEN	LLC PDU	Pad	FCS

IEEE 802.3



8	6	6	2	46-1500		4字节
PA	DA	SA	Type	Data	Pad	FCS

Ethernet

**PA:** 前同步码 - 10101010序列, 用于使接收方与发送方同步

**SFD:** 帧首定界 -- 10101011

**DA:** 目的MAC地址; **SA:** 源MAC地址

**LEN:** 数据长度 (数据部分的字节数) (0-1500B)

**Type:** 类型。高层协议标识

**LLC PDU+pad:** 最少46字节, 最多1500字节

**Pad:** 填充字段, 保证帧长不少于64字节(若Data域 $\geq$ 46字节, 则无Pad)

**FCS:** 帧校验序列 (CRC-32)



# 以太网帧结构

- 以太网和多数数据通信系统一样，传输一个字节的顺序是从最低有效位(least-significant-bit，对应于 $2^0$ 的数字位)到最高有效位(most-significant-bit，对应于 $2^7$ 的数字位)。
- 另外习惯上在书写二进制数字时，最低值位写在最左面，而最高值位写在最右面。这种写法被称为“小端”(Little Endian)形式或正规形式。
- 相反，令牌环和FDDI LAN使用“大端”(Big Endian)格式，从最高值位到最低值位传送每个字节。

十六进制字节值	发送的位（从左到右） $2^0$ —— $2^7$
01	10000000
55	10101010
AA	01010101
4E	01110010



# 以太网帧结构

- 多字节的域，这些域是以从左到右排列的、以连接符“-”分隔的字节串表示。每个字节包含两个十六进制数字。

- 08-00-60-01-2C-4A

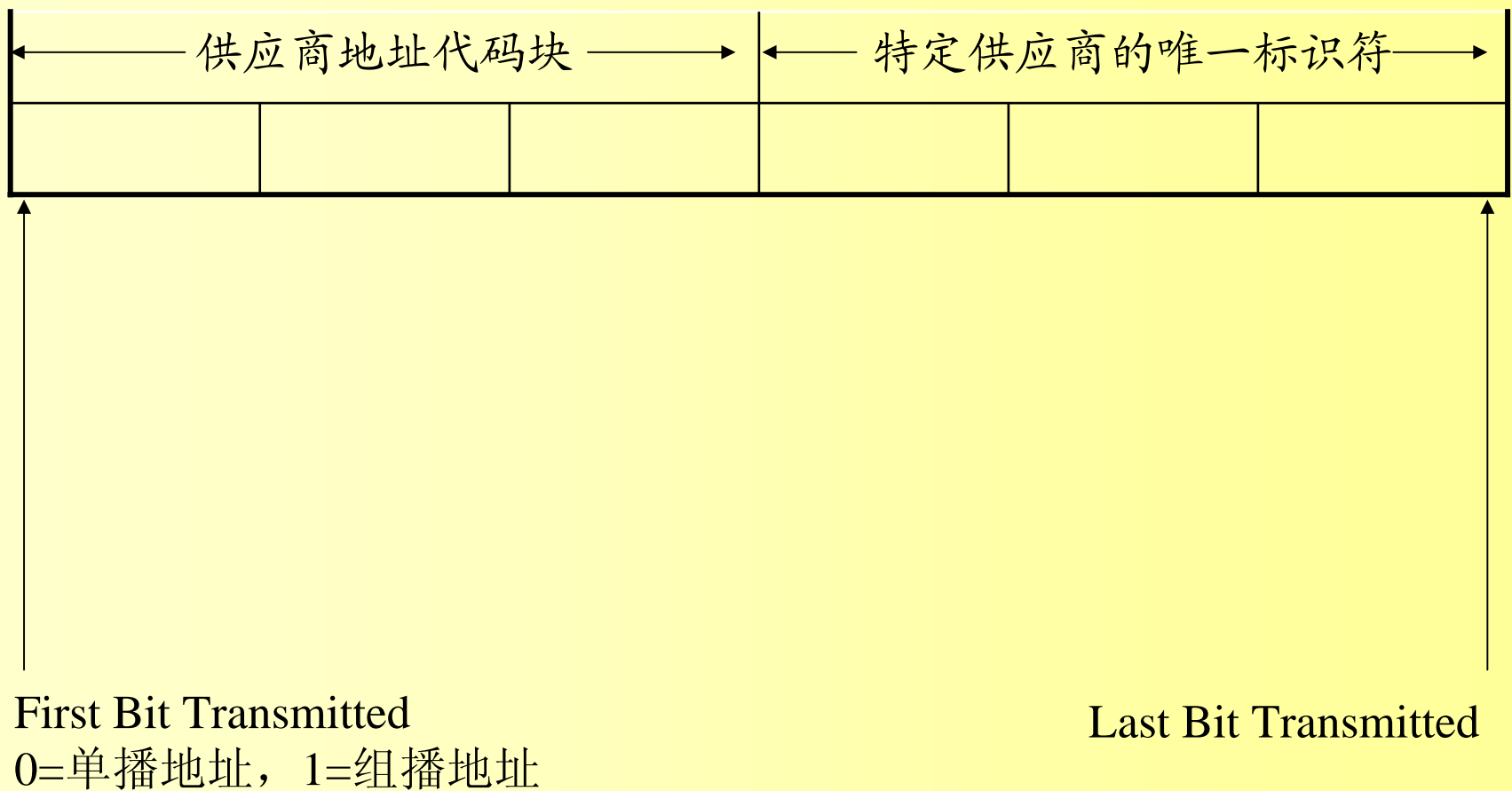
将按以下顺序(从左向右读)串行地发送:

0001 0000-0000 0000-0000 0110-1000 0000-  
0011 0100-0101 0010





# 以太网地址





## 15.4 网桥

- 将一个局域网扩展到其限制之外有两种常用方法：网桥和路由器。
- 网桥必须用在采用相同物理层和链路层协议的局域网之间。
- 路由器则是更通用的设备，能够实现多种不同的局域网和广域网之间的互联。



# 使用网桥的原因

- 可靠性
- 性能
- 安全性
- 地理位置



# 网桥的功能

- 读取局域网A上传输的所有帧，并接受站点地址在局域网B上的帧。
- 对局域网B使用媒体接入控制协议，在B上重传每个帧。
- 对从B到A的通信量采取相同的动作。



# 网桥的功能

- 网桥不更改它收到的帧的内容和格式，由于两个局域网使用同样的局域网协议，这样做是没有问题的。
- 网桥应该具有足够的缓存空间以满足峰值需要。
- 网桥必须具有寻址能力和路由选择智能。
- 一个网桥可以连接两个以上的局域网。



# 网桥协议体系结构

- 网桥在MAC层工作。
- 两个局域网通过一个网桥连接。这两个局域网都使用同样的MAC层和眈协议。
- 图15.9
- MAC中继网桥的概念并不局限于使用单一网桥连接的两个相邻局域网。
- 如果局域网之间距离比较远，那么它们可以与两个网桥连接，而这两个网桥又可以通过其他通信设施连接。



# 网桥的路由算法

- 固定路由算法
- 动态路由算法
- 支撑树算法



# 网桥的路由算法— 动态路由算法

- 当一个网桥刚刚连接到局域上时，其转发表显然是空的。这时若网桥收到一个帧，网桥应当按照以下算法处理该帧和建立起自己的转发表。





# 透明网桥算法

1. 从端口 $x$ 收到无差错的帧 在转发表中查找目的站MAC地址。
2. 如有，则查找出到此MAC地址应当走的端口 $d$ ，然后进行(3)，否则转到(5)。
3. 如到这个MAC地址去的端口 $d=x$ ，则丢弃此帧。否则从端口 $d$ 转发此帧。
4. 转到(6)。
5. 向网桥除 $x$ 以外的所有端口转发此帧。
6. 如源站不在转发表中，则将源站MAC地址加入到转发表，登记该帧进入网桥的端口号，设置计时器。然后转到(8)。如源站在转发表中，则执行(7)。
7. 更新计时器。
8. 等待新的数据帧。转至 (1)。