



第八章 局域网 (LAN)

课前思考

- 局域网的拓扑结构主要有哪些？
- 与广域网相比，局域网有哪些技术特征？
- 局域网为什么要对通信介质进行访问控制？
- 介质访问控制有哪些策略？
- IEEE802标准涉及网络的哪些层？
- CSMA/CD协议基本原理？
- 以太网的总线为什么不能太长？





本章内容

- 8.1 局域网概述
- 8.2 LAN体系结构
- 8.3 IEEE 802.3
- 8.4 高速以太网



8.1 局域网概述

8.1.1 局域网的特点

- 覆盖范围小，通常为一幢大楼或一组楼群。
- 数据率高，误码率低。
- 采用规则型拓扑结构（星型、环型、总线型）。
- 通常归属于某一部门。
- 基于微机。

由于上述特点，使得LAN与WAN在拓扑结构、通信介质以及网络协议上存在很大差异。



8.1 局域网概述

8.1.2 局域网组成

● 硬件

● 服务器

服务器是LAN的主要部件，它提供各种网络服务。常用的服务器有文件服务器，打印服务器，通信服务器和数据库服务器，WEB服务器。服务器硬件可分为三类：

➤ 普通PC机

缺点：（1）通道能力弱
（2）可靠性差
（3）可扩性差

➤ 专用服务器

优点：（1）通道能力强
（2）可靠性好
（3）可扩性好



8.1 局域网概述

➤ 超级服务器（小型机）

除具备专用服务器的优点外，还具有很强的数据处理能力，常用作数据库服务器。

● 客户机

客户机使用服务器提供的各种服务。客户机硬件通常是普通PC机、笔记本电脑、智能手机等，每台客户机可以在自己的OS下运行。

● 对等机

同时具有客户机和服务器双重功能。

● 通信介质

同轴电缆，双绞线，光纤等。

● 网络连接设备

➤ 网络适配器（NIC），俗称网卡。

完成链路层和物理层功能。主要包括六部分：接口控制电路、数据缓冲器、数据链路控制器、编/译码电路、内收发器和通信介质接口。



8.1 局域网概述

- 中继器
进行信号放大和整形。
- 集线器（HUB）
- 交换机。



8.1 局域网概述

- 软件

- 网络操作系统 (NOS)

NOS由一组软件组成，管理整个网络的高层运行，即从网络层—应用层。NOS的主流产品有：

- Windows

- Unix

- Linux

- 数据库系统软件

- SQL Server

- SYBASE

- ORACLE

- DB2

- MYSQL

- 其他应用软件



8.1 局域网概述

8.1.3 LAN的拓扑结构

- 星型
- 总线型
- 环型
- 混合型



8.2 LAN体系结构

8.2.1 IEEE802标准

- 局域网标准最早由DEC，INTEL和XEROX三家公司联手制定的ETHERNET-II标准。1980年2月，美国电气与电子工程师协会（简称IEEE）的802委员会制定了IEEE802标准，该标准作为LAN的工业标准。

应用层									
表示层									
会话层									
传输层									
网络层									
链路层		IEEE802		802.2					LLC
物理层				802.3	802.4	802.5	802.11	...	MAC



8.2 LAN体系结构

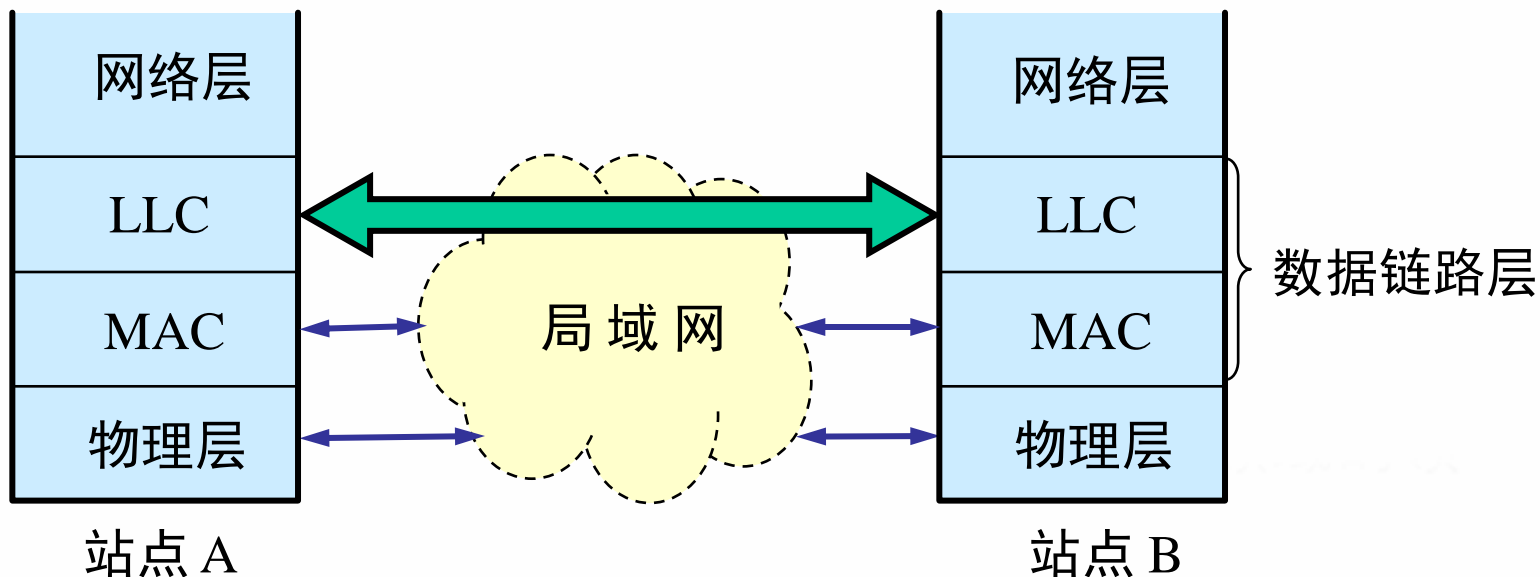
● IEEE 802标准主要组成

- IEEE 802.1 概述LAN结构，网络互连和网络管理
- IEEE 802.2 逻辑链路控制（LLC）
- IEEE 802.3 CSMA/CD介质访问控制方法及物理层规范。
- IEEE 802.4 令牌总线介质访问方法及物理层规范。
- IEEE 802.5 令牌环介质访问方法及物理层规范。
- IEEE 802.6 城域网（MAN）访问方法及物理层规范。
- IEEE 802.7 宽带局域网访问方法及物理层规范。
- IEEE 802.8 光纤局域网访问方法及物理层规范。
- IEEE 802.9 综合业务局域网接口（ISLAN）。
- IEEE 802.10 交互性局域网安全性标准（SILS）。
- IEEE 802.11 无线局域网（WLAN）。
- IEEE 802.12 命令优先级。
- IEEE 802.13 基于有线电视的广域通信网。



8.2 LAN体系结构

- 802标准将传统的数据链路层划分成两个子层:
 - LLC（逻辑链路控制）子层
 - MAC（介质访问控制）子层





8.2 LAN体系结构

8.2.2 逻辑链路控制子层（LLC子层）

- LLC子层仅完成数据链路层的部分功能，不考虑介质访问控制方法；即无论以太网、令牌环网或令牌总线网，它们的LLC子层都是相同的。
- LLC子层的意义：统一LAN共性内容。
- LLC子层为MAC子层提供三种不同类型的服务：
 - 无确认连接
 - 有确认无连接
 - 面向连接



8.2 LAN体系结构

● LLC帧格式

字节数:	1	1	1-2	n
	DSAP	SSAP	控制	数据

- DSAP: 目的服务访问点。
- SSAP: 源服务访问点。
- 控制: 与HDLC类似, 用来表示帧类型(信息帧、监督帧和无编号帧)、帧序号, 下一个期待帧的帧序号、拆除连接方式, 是否准备就绪、拒绝接收等。
- 数据: 网络层报文分组。

注: LLC帧没有帧标志和帧校验, 这些留给MAC子层完成。



8.2 LAN体系结构

8.2.3 介质访问控制子层（MAC子层）

- MAC子层的任务

将LLC帧包装成MAC帧，并将MAC帧从源站点传输到目的站点。

- MAC子层要解决的关键问题

介质访问控制：如何分配共享信道，使得对共享信道的访问更有序、有效。

- 介质访问控制方法

- 时间片轮转： 802.4， 802.5
- 预约： 802.6
- 竞争： 802.3



8.3 IEEE 802.3

8.3.1 概述

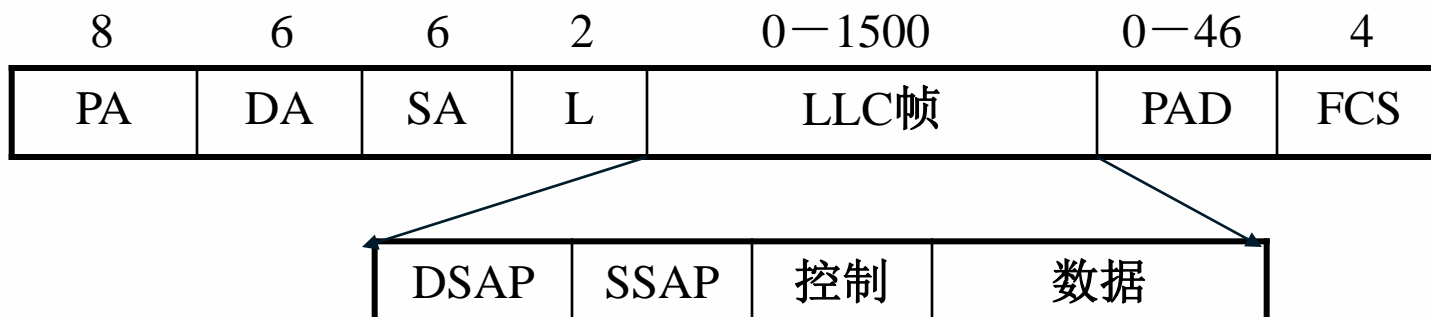
- IEEE802.3是以ETHERNET-II(以太网)为基础制定的一种局域网标准，802.3帧格式与以太网帧格式几乎没有差别，仅用“长度”字段替换“类型”字段，因此我们一般认为802.3局域网就是以太网。
- IEEE802.3是目前应用最广泛的局域网标准。
- IEEE802.3包括两部分：
 - 介质访问控制协议（CSMA/CD）
 - 物理层规范（10BASE-2,10BASE-5,10BASE-T）



8.3 IEEE 802.3

8.3.2 CSMA/CD(载波监听多路访问/冲突检测)

● CSMA/CD协议帧格式



- PA: 帧前缀。作为帧同步标志，64位1010.....1011交替码组成，并以“11”结束，其作用是使接收端和发送端保持帧同步。
- DA: 目的站点MAC地址（以太网地址），48位。
- SA: 源站点MAC地址（以太网地址），48位。



8.3 IEEE 802.3

➤ 以太网地址结构

I/G	U/L	46位地址
-----	-----	-------

I/G=0 单地址

I/G=1 组地址 （允许多个站点使用同一地址）

U/L=1 全局地址 （由IEEE分配）

U/L=0 局部地址 （由网络管理员指定）

➤ 每块网卡中固化一个唯一的以太网地址，所以以太网MAC地址又称为硬件地址。

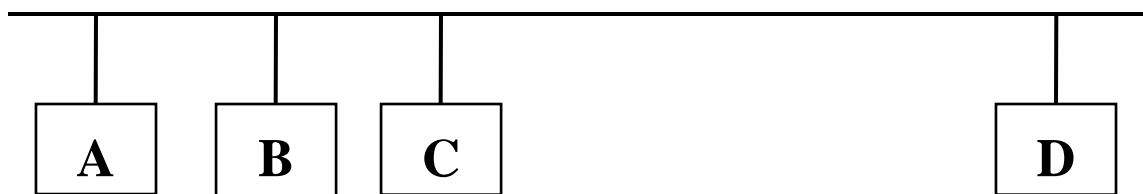
- L: MAC帧的数据部分长度，即LLC帧长度。
- PAD: 填充位。当LLC帧过短时，使用PAD填充位，使MAC帧的最短帧长达64字节。
- FCS: 帧校验序列，采用32位CRC码。

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$



8.3 IEEE 802.3

- CSMA（载波监听多路访问）



- 接收帧

每个站点始终监听总线；当一个MAC帧到达时，检查其目的地址字段（DA）；若是本站地址，则接收之；否则丢弃。

- 发送帧

当发送站点准备就绪，首先监听总线状态（“空闲”或“忙”），并按如下策略发送数据帧：



8.3 IEEE 802.3

➤ 1-坚持型

若监听到总线“空闲”，则立即发送；若监听到总线“忙”，则继续监听，一旦总线“空闲”，则立即发送。若冲突发生，则等待一个随机时间再监听。

➤ 非-坚持型

若监听到总线“空闲”，则立即发送；若监听到总线“忙”或冲突发生，则等待一个随机时间再监听。

➤ P-坚持型

该策略将传输时间划分为时间片，每个时间片为 2τ ，就绪站点只有在时间片的开始时才能发送数据帧。

若监听到总线“空闲”，则以 P 的概率立即发送，以 $(1-P)$ 的概率推迟一时间片继续监听；若总线“忙”，则推迟到一个时间片再监听。



8.3 IEEE 802.3

- 三种策略比较

- 1-坚持型

- 优点：信道利用率高

- 缺点：冲突概率大

- 非-坚持型

- 优点：冲突概率小

- 缺点：信道利用率低

- P-坚持型

- 上述两种折衷方案

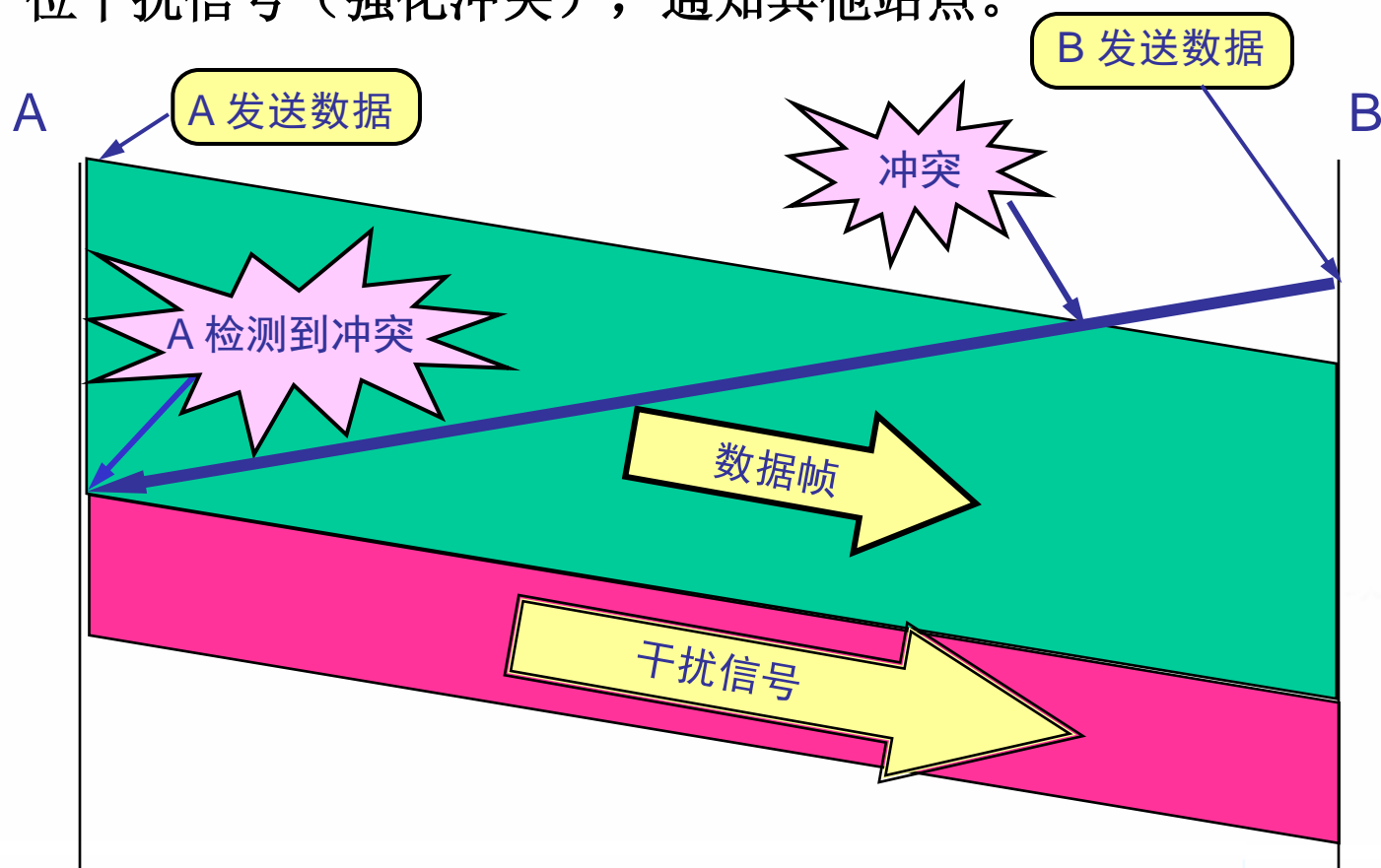
提示：802.3标准采用1-坚持型。



8.3 IEEE 802.3

● CD（冲突检测）

若某站点检测到冲突发生（检测信号的异常电平），则发送32位干扰信号（强化冲突），通知其他站点。





8.3 IEEE 802.3

● 二进制指数退避算法

随机等待时间采用二进制指数退避算法

- 每个站点确定一个基本推迟时间 T_i ($T_i = 2\tau$) ;
- 从整数集合 $\{0, 1, 2, 3, \dots, 2^{k-1}\}$ 中随机抽取一个整数 r , 其中 $k = \text{Min}(\text{重发次数}, 10)$;
- 随机等待时间 $T_w = r \times T_i$;
- 当某帧重发16次仍不能成功, 则放弃该帧, 并向高层报告。

算法要点: 重发次数越多, 等待时间越长。



8.3 IEEE 802.3

8.3.3 IEEE 802.3物理层规范



- 10BASE-2

细同轴电缆，基带曼彻斯特编码（ $\pm 0.85V$ ），总线拓扑结构，最大网段长度185m，最多连接5个网段，每个网段的最大站点数30，速率10Mbps。

- 10BASE-5

粗同轴电缆，基带曼彻斯特编码（ $\pm 0.85V$ ），总线拓扑结构，最大网段长度500m，最多连接5个网段，每个网段的最大站点数100，速率10Mbps。

- 10BASE-T

非屏蔽双绞线（三类、五类），基带曼彻斯特编码（ $\pm 0.85V$ ），星形拓扑结构（HUB连接），最大网段长度100m，速率10Mbps。



8.3 IEEE 802.3

8.3.4 分析与讨论

- 有关网络性能几个重要参数

- 延迟 (T_D)

数据帧从发送端到达接收端所经历的时间;

$T_D = \text{传播延时} + \text{处理时间} + \text{排队等待时间} + \text{服务时间}$

- 网络负载 (G)

单位时间内平均递交给网络的流量。

- 吞吐量 (S)

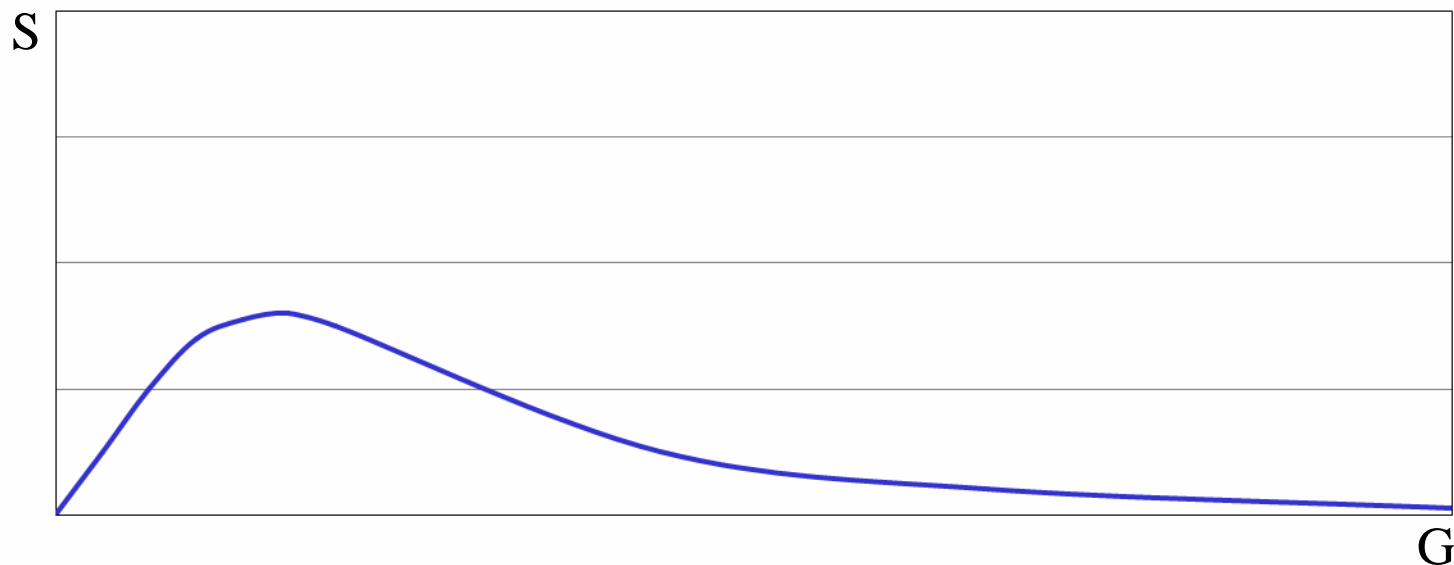
单位时间内网络平均成功传输的流量。

注: $S \leq G$



8.3 IEEE 802.3

● 吞吐量/负载曲线



● 影响冲突的因素

- 站点数目越多，冲突概率越大。
- 总线越长，冲突概率越大。



8.3 IEEE 802.3

● 最短帧长问题

站点发送的MAC帧可能会冲突；一旦发生冲突，该站点必须知道是自己发送的帧造成的冲突，以便重发该帧；即在本帧发送完毕之前检测到冲突信号。因此，每帧的服务时间必须不小于信号的往返传播延迟。

设MAC帧长为L，信道速率为C，总线长度为S，信号传播速度为V，中继器产生的延迟为 t_r ，则

$$\text{服务时间} \geq 2 \tau$$

$$L/C \geq 2 (S/V + t_r)$$

例：以太网的往返传播延迟为51.2us，C=10Mbps，试计算最短帧长。

$$L/(10 \times 10^6) \geq 51.2 \times 10^{-6}$$

$$L \geq 512(\text{bits}) = 64 \text{ (字节)}$$



8.4 高速以太网

- 高速以太网包括百兆以太网、千兆以太网和万兆以太网。
- 100BASE-T (802.3u) 和1000BASE-X (802.3z) 是对IEEE 802.3标准的升级，由于它们仍采用802.3 MAC帧格式，所以分别称为百兆以太网和千兆以太网。

- 100BASE-T

五类非屏蔽双绞线，基带曼彻斯特编码 ($\pm 0.85V$)，星形拓扑结构（交换机连接），最大网段长度100m，速率100Mbps。

- 1000BASE-X

- 1000BASE-SX

多模光纤，交换机连接，最大网段长度550m，速率1000Mbps。

- 1000BASE-LX

多模或单模光纤，交换机连接，最大网段长度550m（多模光纤）/ 5km（单模光纤），速率1000Mbps。



本章小结

● 内容

主要介绍局域网的特点、组成、IEEE 802标准和LAN网络操作系统，逻辑链路控制（LLC）子层，介质访问控制（MAC）子层，CSMA/CD协议及物理层规范，高速以太网等。

● 重点

CSMA/CD协议及物理层规范。