



西南交通大学

6.5

# 网际互连

设计、制作、讲授：谭献海

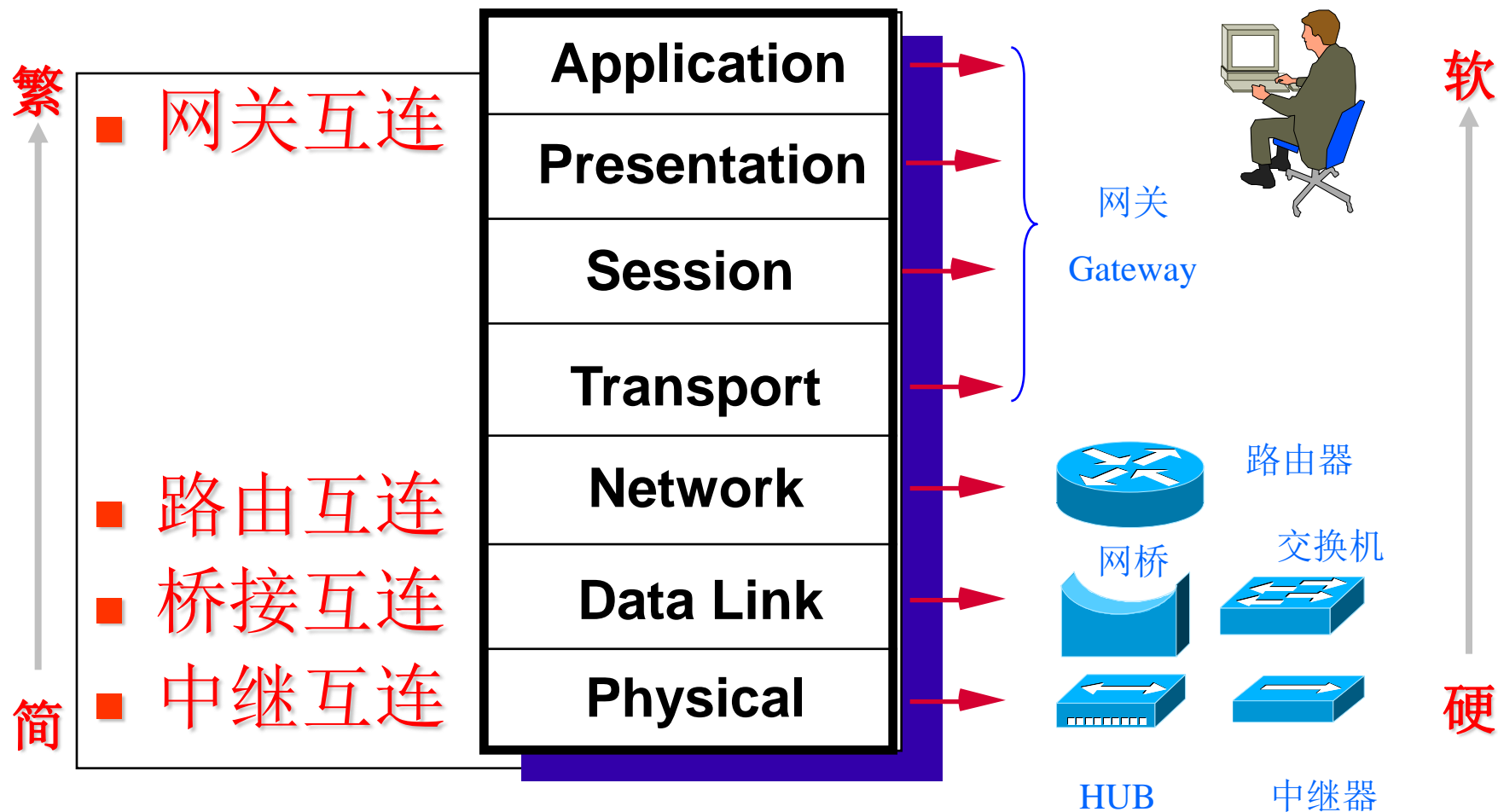
EMAIL: [xhtan@home.swjtu.edu.cn](mailto:xhtan@home.swjtu.edu.cn)



☀ 网际互连基本概念

☀ 互连设备

# 网络互连的不同层次

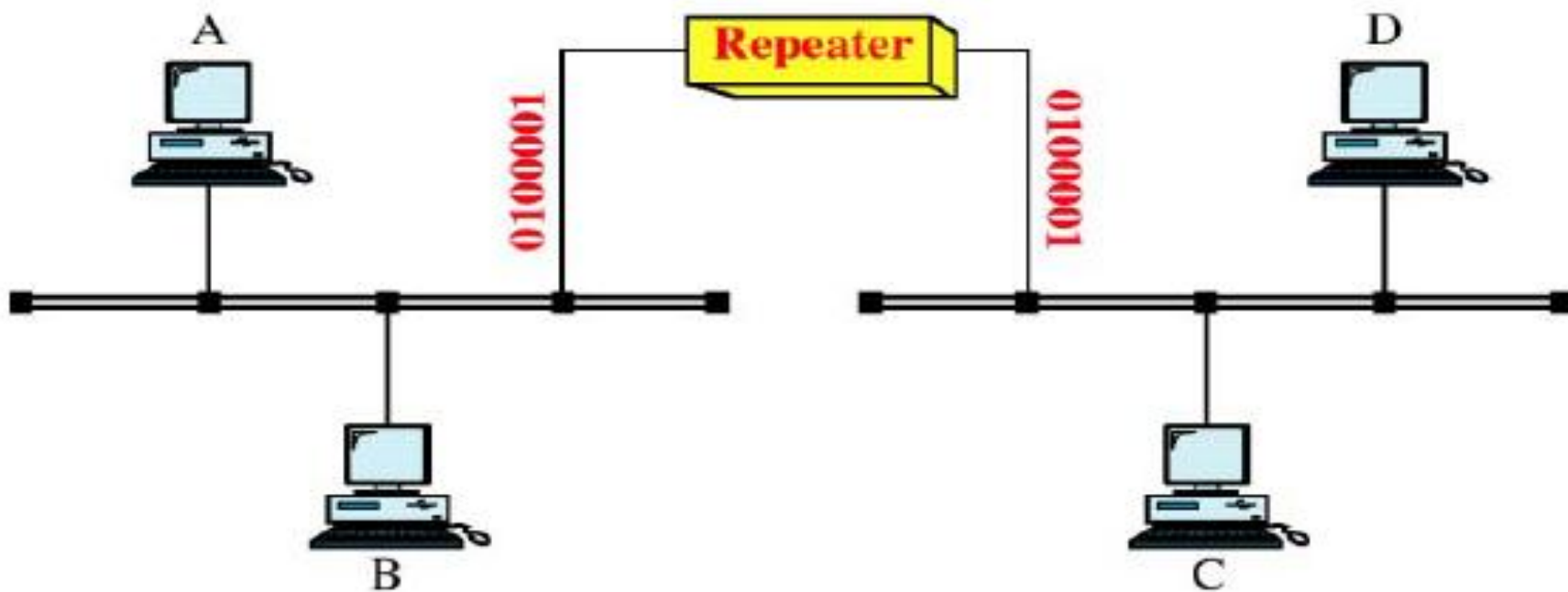


# 中继器

- 用来连接多个局域网段
- 只能用于扩展基带电缆的距离。
- 放大所有的信号，其中也包括冲突干扰。



Ethernet repeater with RJ-45 and coax jacks



# 中继器的功能

比特信号的放大、整形、再同步  
延长广播域;延长冲突域

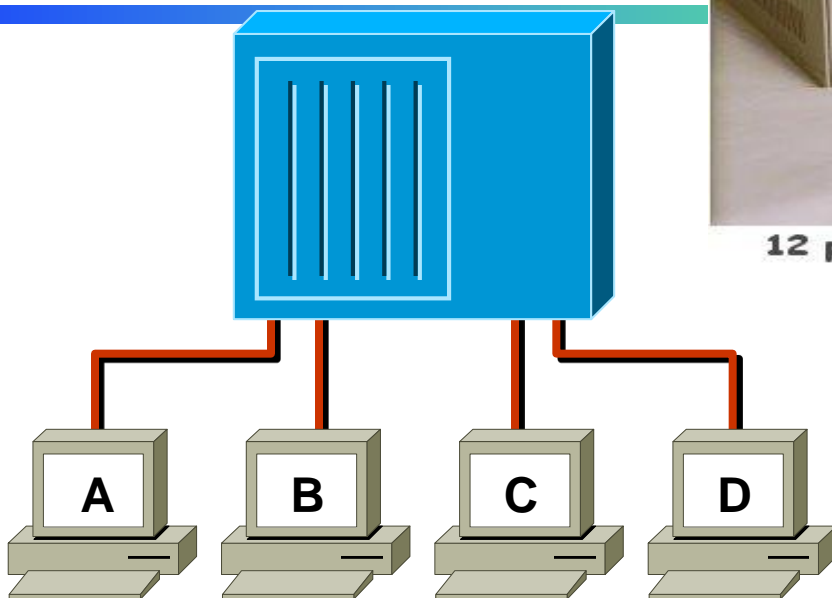


(a) Right-to-left transmission.



(b) Left-to-right transmission.

# 网络集线器HUB



12 port Ethernet hub with RJ-45 jacks

常用的HUB有  
4,8,16,24,48□

## Hub工作在物理层

- 特点:
- 1.所有端口同在一个广播域内
  - 2.所有端口同在一个冲突域内
  - 3.所有端口共享带宽
  - 4.广播式转发数据

## Hub的表示方法

- 10 Mbps
- 100 Mbps
- 10+100 Mbps
- 10/100 Mbps

# HUB的分类

## (1) 基本型集线器 (Dumb HUB)

## (2) 智能型HUB(Intelligent HUB)

允许用网管系统对其进行管理的集线器称为智能HUB，它内部包含有CPU等智能控制部件。具有SNMP网管功能等。

## (3) 模块化 (Module)

又称机箱式，由一台带有底板、电源的机箱和若块多端口的接口卡（线卡）组成。可灵活按需配，通过插入不同的插卡满足需求（如插入交换卡、路由卡、加密卡等）

## (4) 堆栈式HUB (Stackable)

堆叠连接在一起的HUB在逻辑相当于一台单独的HUB，可统一管理

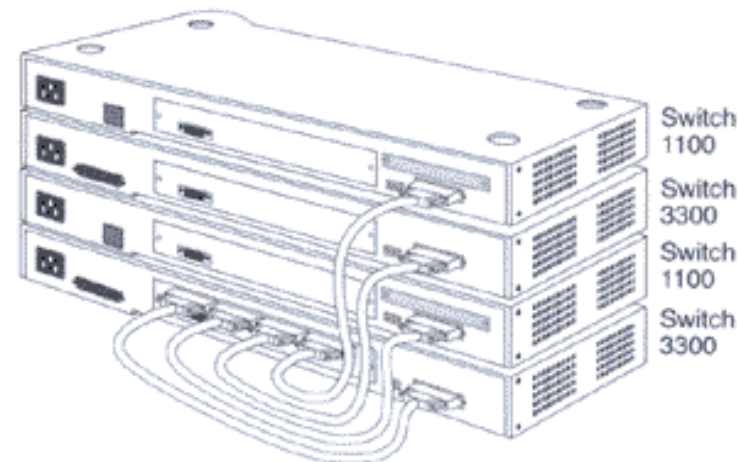
## (5) 交换式HUB



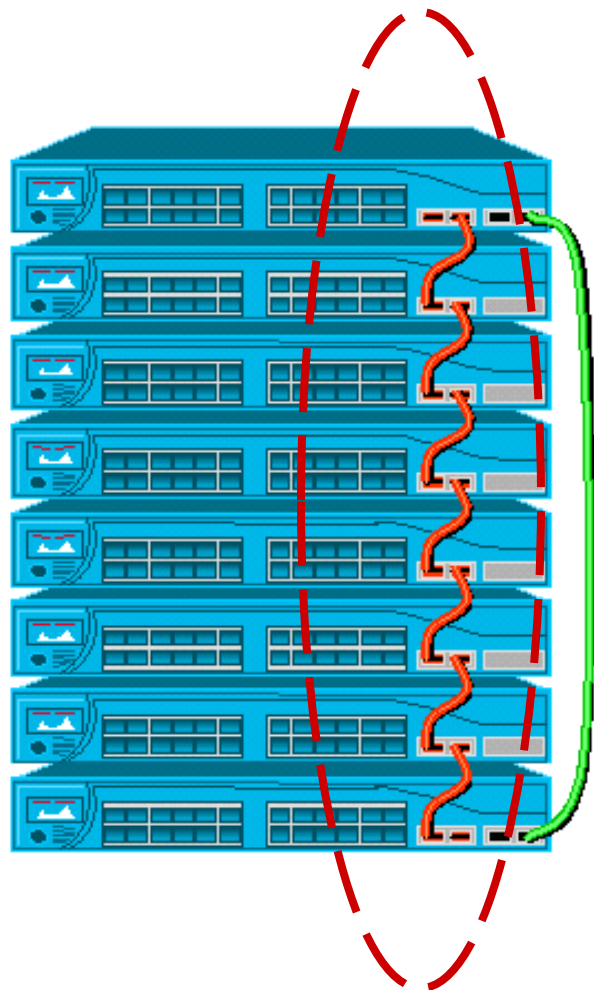
一个Hub 模块



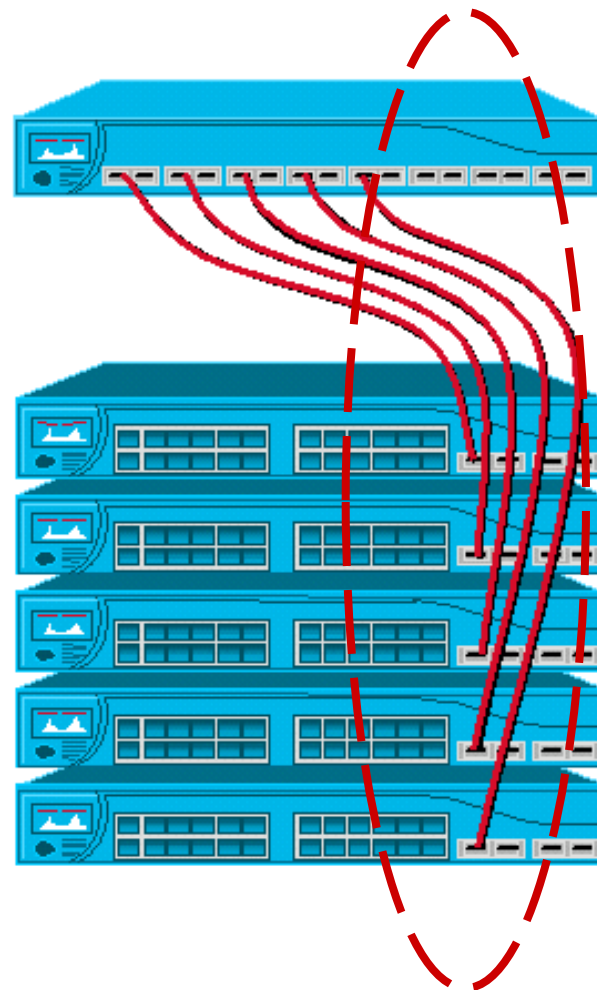
机箱Hub



# 菊花链式堆叠和星型堆叠



菊花链堆叠方式



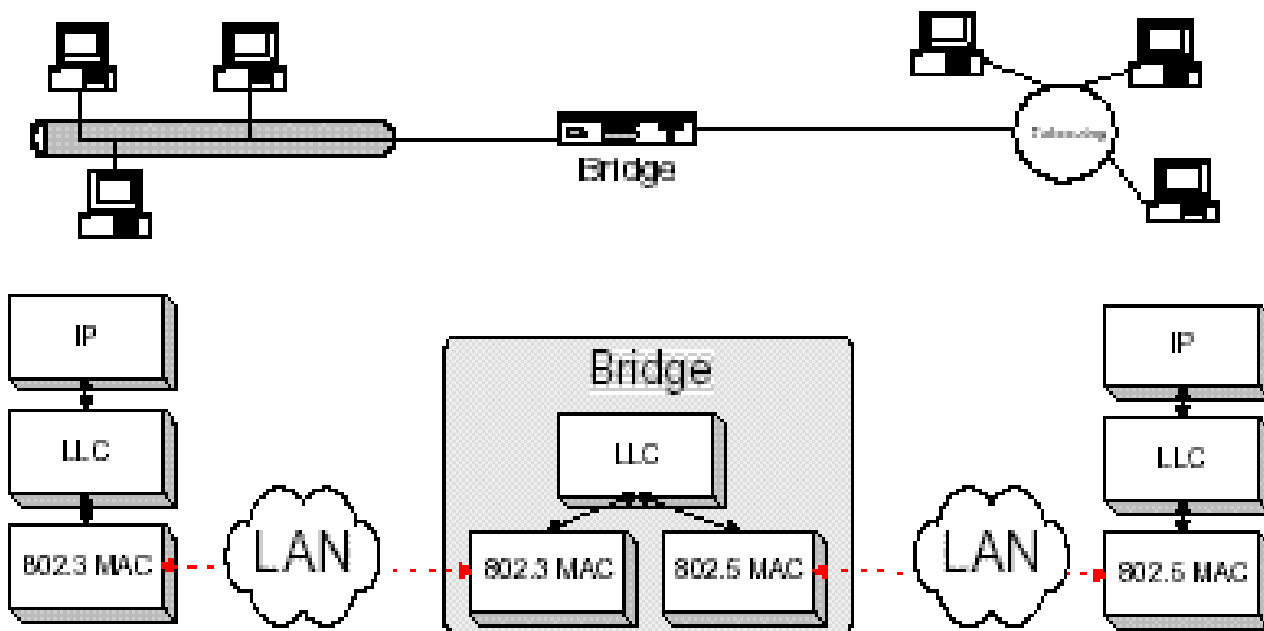
星型堆叠方式



# 网桥

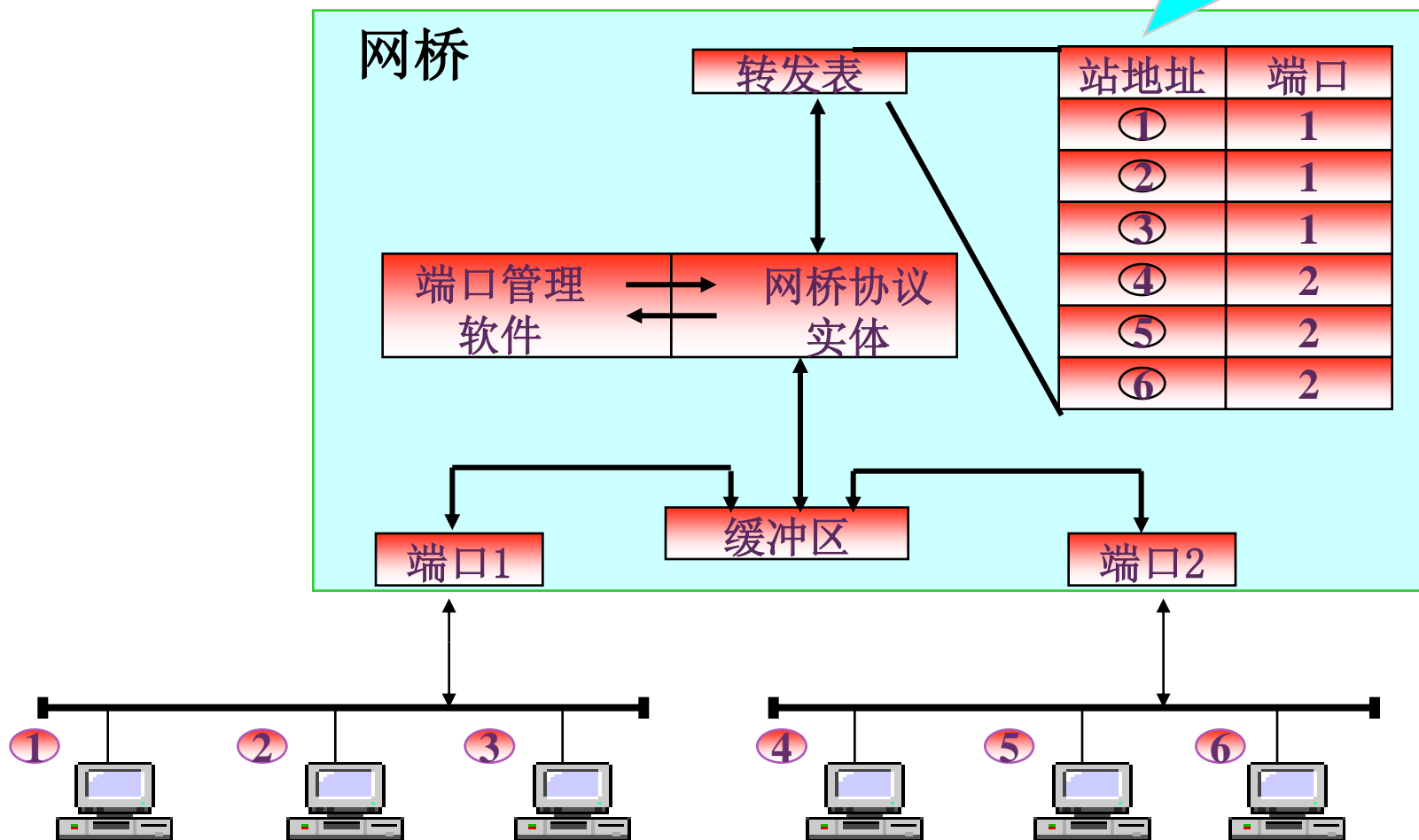


- 连接多个局域网,这些LAN可能不相同。
- 网桥工作在数据链路层(帧的接收/过滤/转发)。



# 网桥工作原理

自学习生成



# 网桥的优缺点

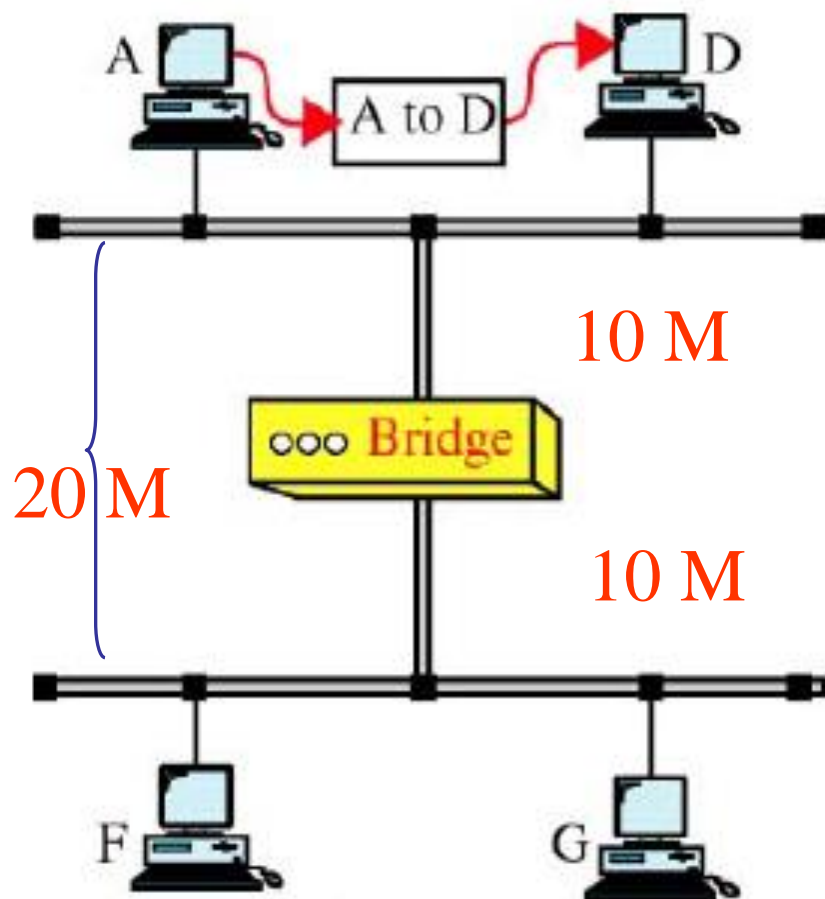
## ■ 优点：

- 可实现不同类型的**LAN**互连；
- 能够隔离错误帧，不会使错误扩散；
- 限制了冲突域的范围；
- 隔离故障。
- 通过网桥能提高网络总的吞吐率

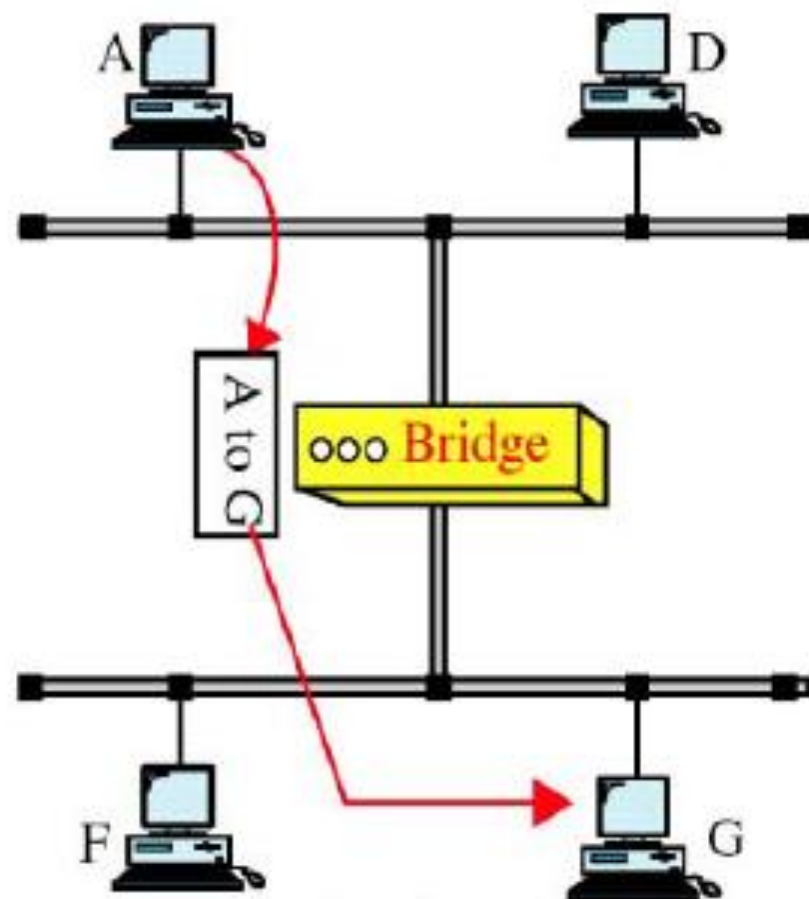
## ■ 缺点：

- 无法控制广播；
- 只能用存储转发方式，速度比较慢；
- 无流量控制，负载重时会出现丢帧现象。

# 网桥的功能--提高吞吐率

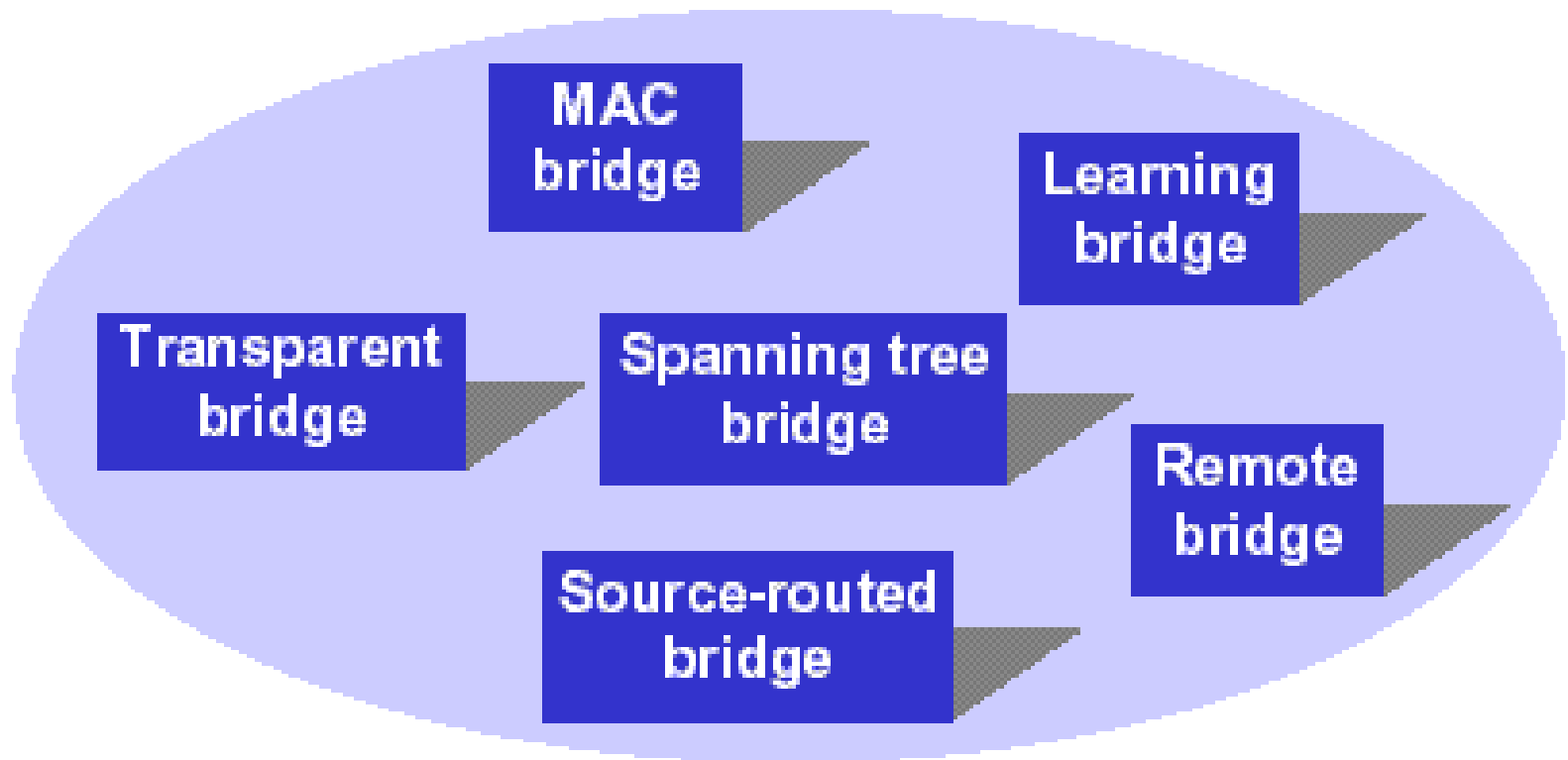


a. A packet from A to D



b. A packet from A to G

# 网桥的类型



# 两种IEEE 802定义的网桥

- 透明网桥(或生成树网桥)  
(Transparent Bridge)
- 源路由网桥  
(Source Routing Bridge)

# 透明网桥

总的设计目标:

- “即插即用” **完全透明**
- 自行配置,不需要改动硬件或软件。
- 网桥不应该影响现有局域网的操作。

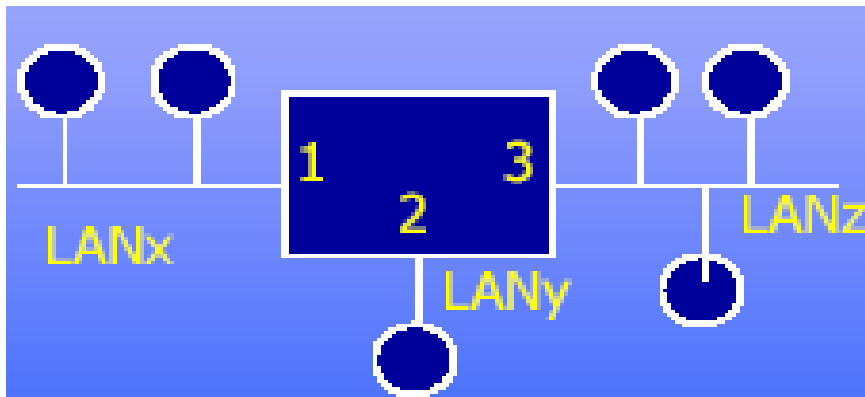
透明网桥以**混杂方式**工作

透明网桥的三个部分:

- (1) 帧的转送**
- (2) 地址的学习**
- (3) 生成树算法**

# 帧的转发

- ❑ 帧中的目的地址与源地址在同一端口 --- 丢弃 --- 过滤(**filter**)
- ❑ 帧中的目的地址与源地址在不同端口 --- 向目的地址所在端口转发
- ❑ 帧中的目的地址不在地址表中 --- 向所有端口 **Flooding**
- ❑ 帧中的目的地址不唯一 --- 向所有端口 **Flooding**



连接三个网段的网桥

端口	MAC地址
1	11 12
2	21
3	31 32 33

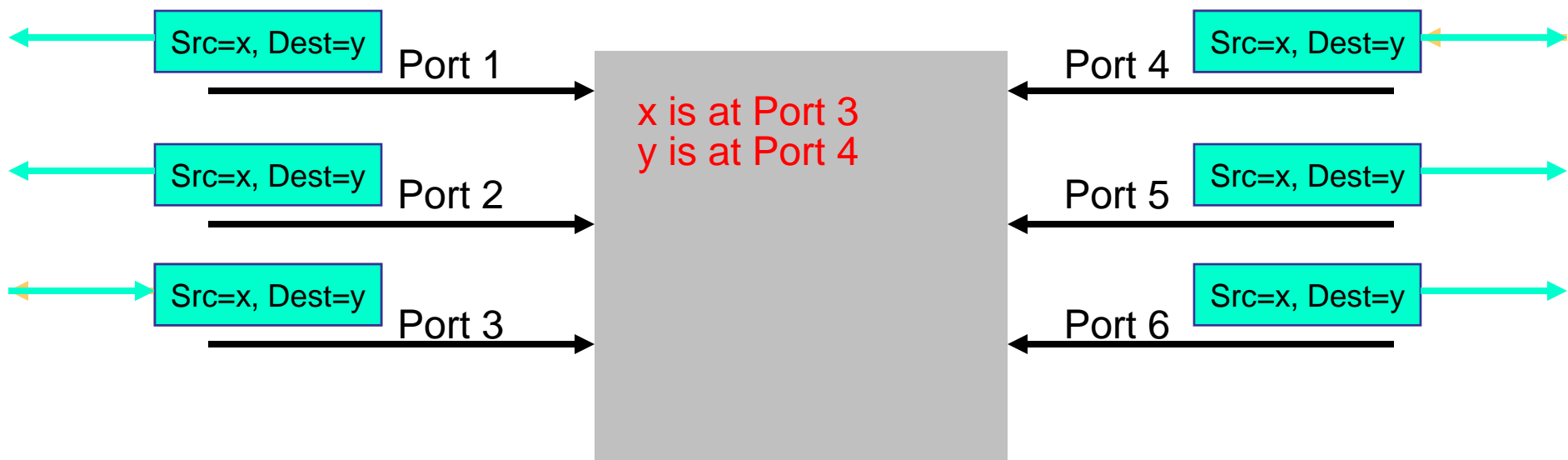
端口-地址表的结构



## (2) Address Learning (Learning Bridges)

- Routing tables entries are set automatically with a simple heuristic:

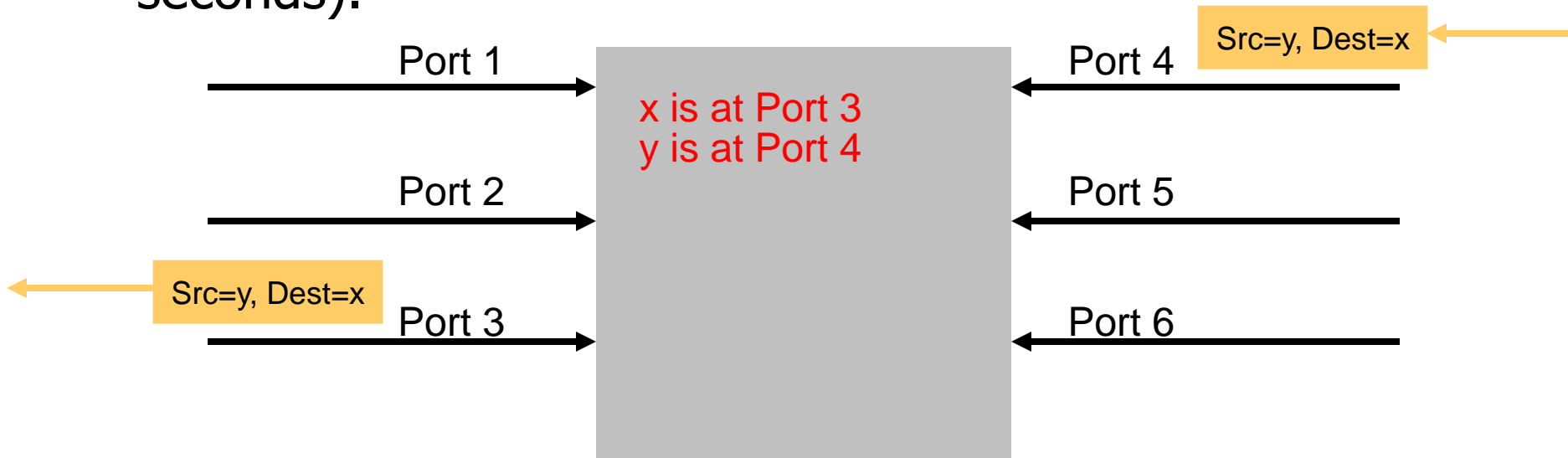
The source field of a frame that arrives on a port tells which hosts are reachable from this port.



## (2) Address Learning (Learning Bridges)

### Algorithm:

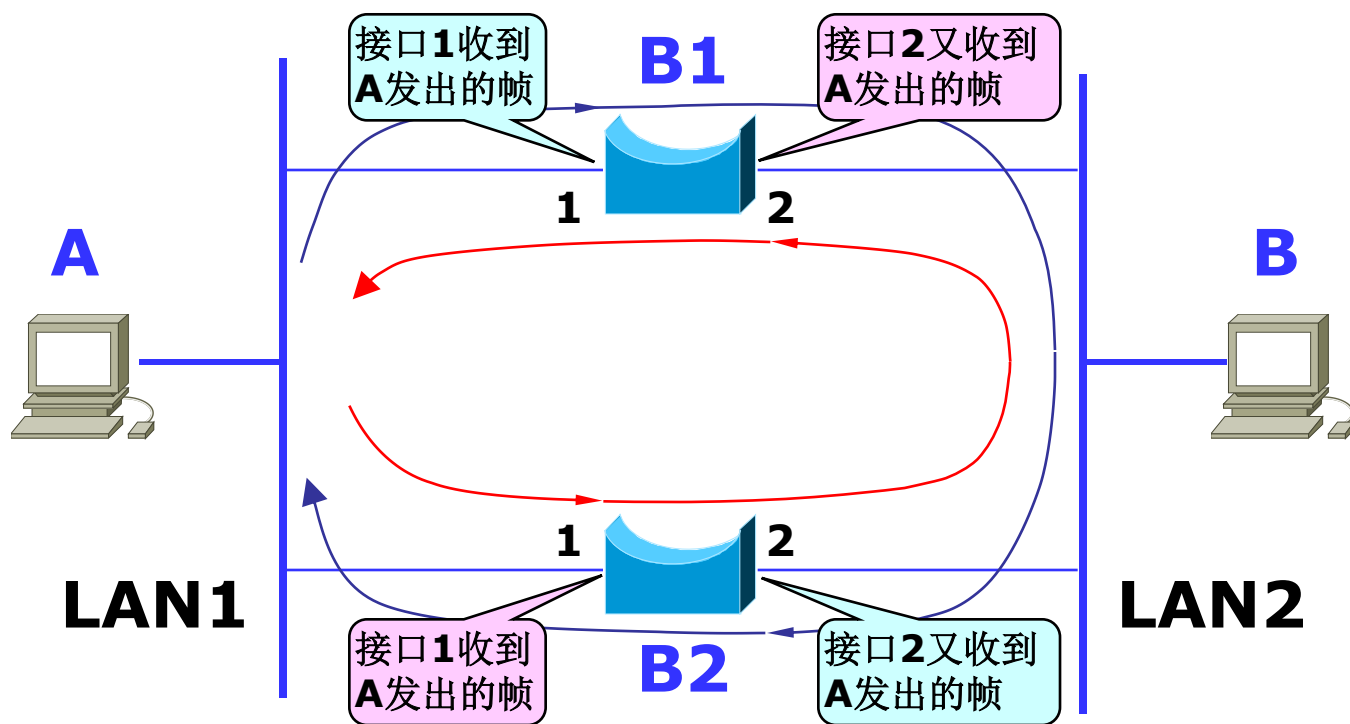
- For each frame received, the source stores the source field in the forwarding database together with the port where the frame was received.
- All entries are deleted after some time (default is 15 seconds).



假定开始时2个网桥的转发表均为空。主机A向主机B发送一个数据包，两个网桥同时接收到这个数据包，通过自学习都知道主机A位于LAN1中，2个网桥都向LAN2转发该报文。在主机B收到两份一样的主机A的数据包的同时，两个网桥又一次从它们连接LAN2的端口上接收到源地址是主机A目的地址是B的数据包，于是它们又认为主机A位于LAN2中。再一次向LAN1转发。....

发往主机B的数据包会被两个网桥无休止地转发，形成环路，这样会占用所有可能获取的网络带宽，导致网络阻塞。

### ■ 转发表振荡，报文无限循环



# 生成树(Spanning tree)算法

- **Tree:** There are no loops
- **Spanning:** All nodes included
- 用来构造一个逻辑上的无环网络
  - 实现方法：屏蔽网络中的冗余桥接口
- 产生时，通过发送和接收BPDU（Bridge Protocol Data Unit）来交换网桥信息
- 计算过程：
  - 1.推选根网桥——通常是标识号最小的网桥；
  - 2.确定每个网桥的根端口——到达根网桥代价最小的端口；
  - 3.确定指定网桥——每个网络中具有最小根路径代价的网桥；
  - 4.确定各网络的指定端口——指定网桥与网络连接的端口；
  - 5.把各网络的非指定端口置为阻塞状态。

当网络拓扑发生改变时，所有网桥将重新计算生成树。

# 生成树

在网桥做出配置自己的决定前，每个网桥和每个端口需要下列配置数据：

- ✓ 一个唯一的组地址(01-80-C2-00-00-00)标识一个特定LAN上的所有的网桥。这个组地址能被所有的网桥识别；
- ✓ 网桥：网桥ID(唯一的标识)
- ✓ 端口：端口ID(唯一的标识)
- ✓ 端口相对优先权
- ✓ 各端口的花费(高带宽 = 低花费)

配置好各个网桥后，网桥将根据配置参数自动确定生成树，这一过程有四个阶段：

# 生成树

## 1、选择根网桥

**STP**选择一个根网桥，**STP**将根网桥上所有接口都置于转发状态。具有最小网桥**ID**的网桥被选作根网桥。网桥**ID**应为唯一的，但若两个网桥具有相同的最小**ID**，则**MAC**地址小的网桥被选作根。

## 2、选择根端口

除根网桥外的各个网桥需要选一个根端口。

一个网桥中根路径花费的值为最低的端口称为根端口。若有多个端口具有相同的最低根路径花费，则具有最高优先级的端口为根端口。若有两个或多个端口具有相同的最低根路径花费和最高优先级，则端口号最小的端口为默认根端口。

# 生成树

## 3、选择LAN的指定网桥

如果只有一个网桥连到某LAN，它必然是该LAN的指定网桥，如果多于一个，则到根网桥花费最小的被选为该LAN的指定网桥。

## 4、选择指定端口

LAN的指定网桥中与该LAN相连的端口为指定端口（designated port）。若选取交换机有两个或多个端口与该LAN相连，那么具有最低标识的端口为指定端口。

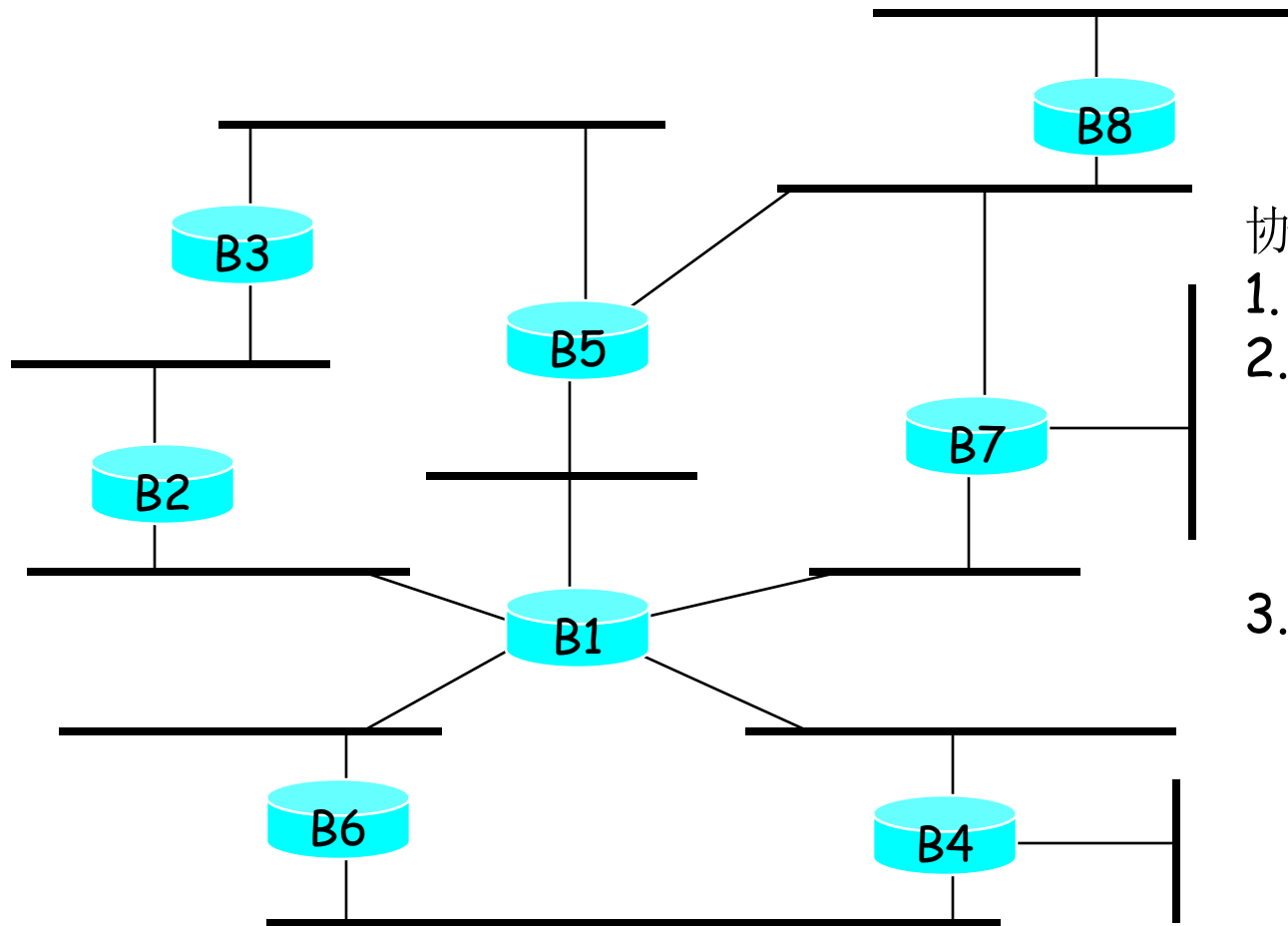
# 生成树

除了根端口和选中端口外，其他端口都将置为阻塞状态。

这样，在决定了根网桥、网桥的根端口、以及每个LAN的指定网桥和指定端口后，一个生成树的拓扑结构也就决定了。



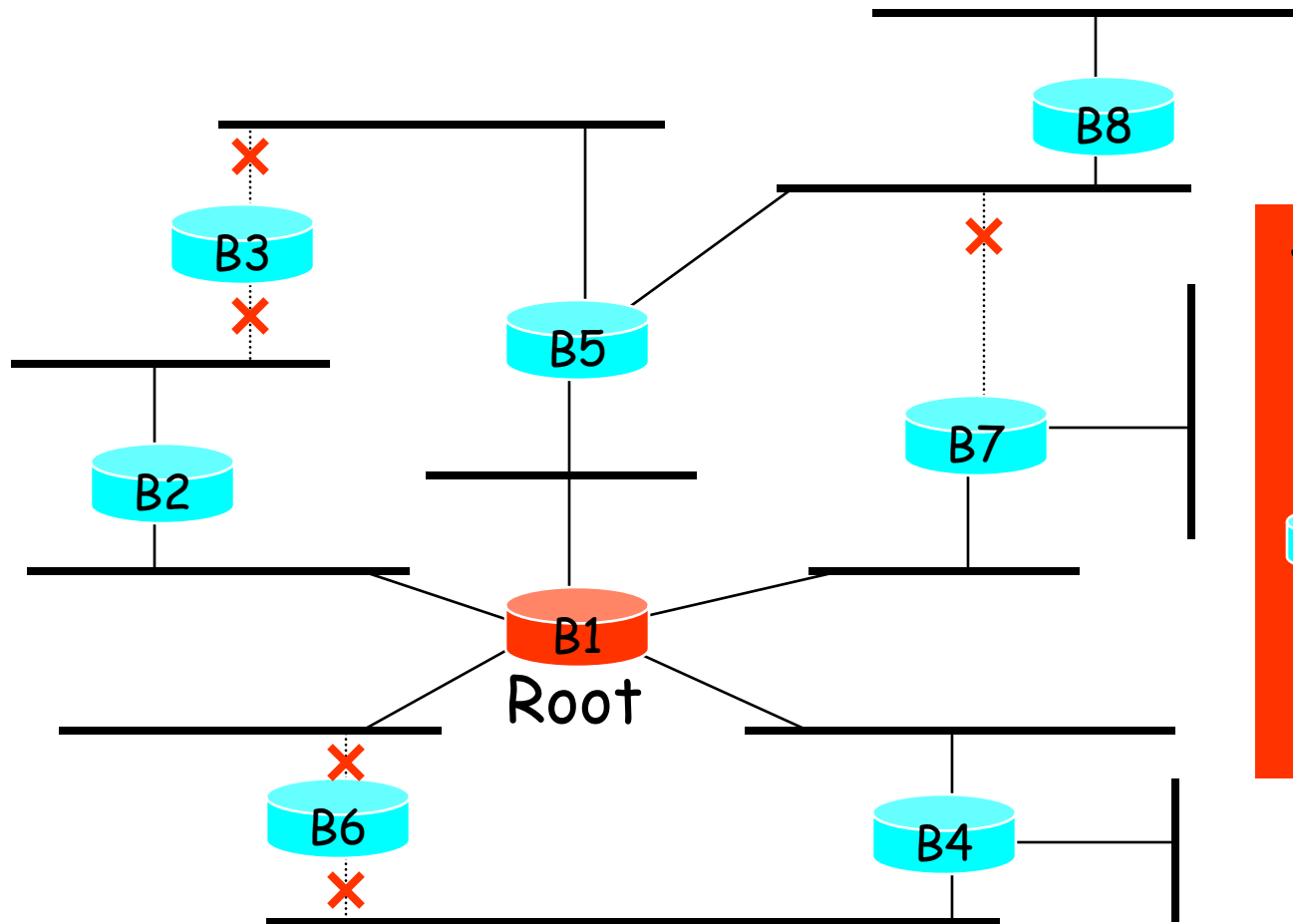
# Example Spanning Tree



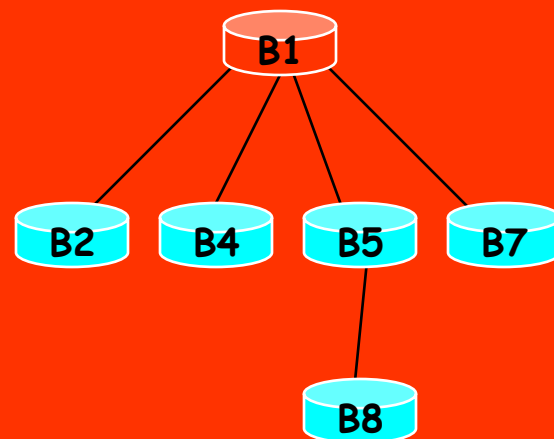
协议操作:

1. 挑选树根
2. 对每个LAN, 挑选一个距离树根最近的指定 (**designated**) 网桥.
3. LAN上的所有网桥都通过 **designated bridge** 来发送报文

# Example Spanning Tree



Spanning Tree:



# 透明网桥总结

透明网桥工作原理归纳为：学习源地址，丢弃本网端帧，转发异网端帧，广播未知帧。

透明网桥的优缺点：

优点：容易配置、安装，无需管理

缺点：不能保证最佳路由

# 源路由网桥

源路由桥接SRB是令牌环网桥或交换机在大多数的情况下使用的一种桥接方法。其**基本思想**是：

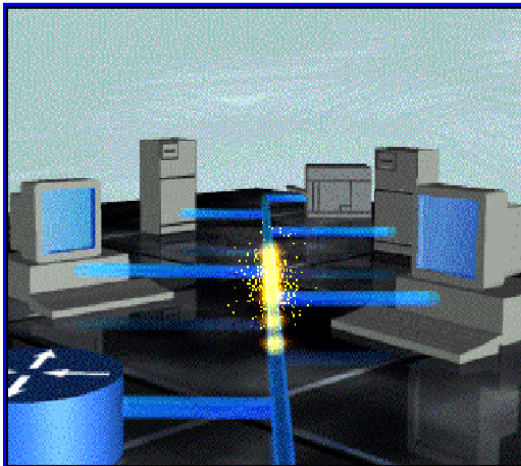
- 在源端发出一个**探测帧**来获取到达目的地端的路由。
- 每个收到该探测帧的桥都将其复制，并在副本中记录所经过的路由信息，然后向任何可能的输出端口转发。
- 当目的端收到探测帧的一个副本时，其中就汇集了两台主机之间的一条完整的路由信息。
- 目的端利用此路由信息对源端的探测帧作出响应。
- 源端收到所有的响应帧后，根据事先约定的规则选择一条路由保存在缓存中。
- 在发送数据时**源端**将路由信息**嵌入**数据帧头。

# 两种网桥的比较

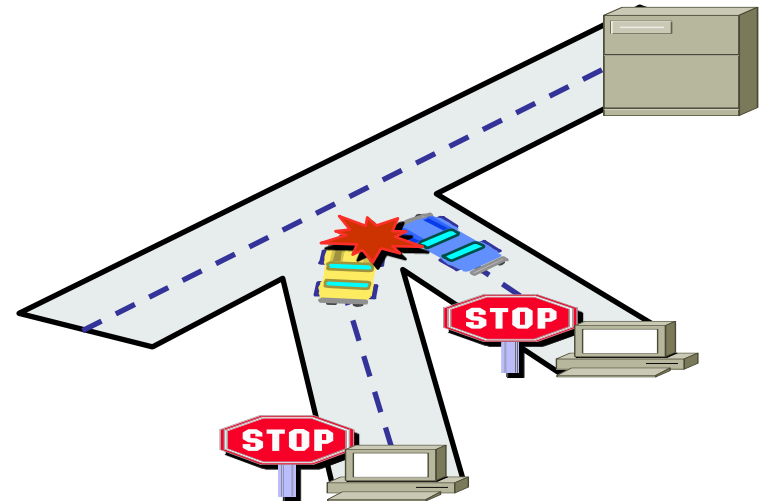
特点	透明网桥	源站选路网桥
面向	无连接	面向连接
透明性	完全透明	不透明
配置方式	自动的	手工
路由	次优化	优化
定位	反向学习	发现帧
失效处理	由网桥处理	由主机处理
复杂性	在网桥中	在主机中

# 共享与交换

collision.mov



markd89@263.net

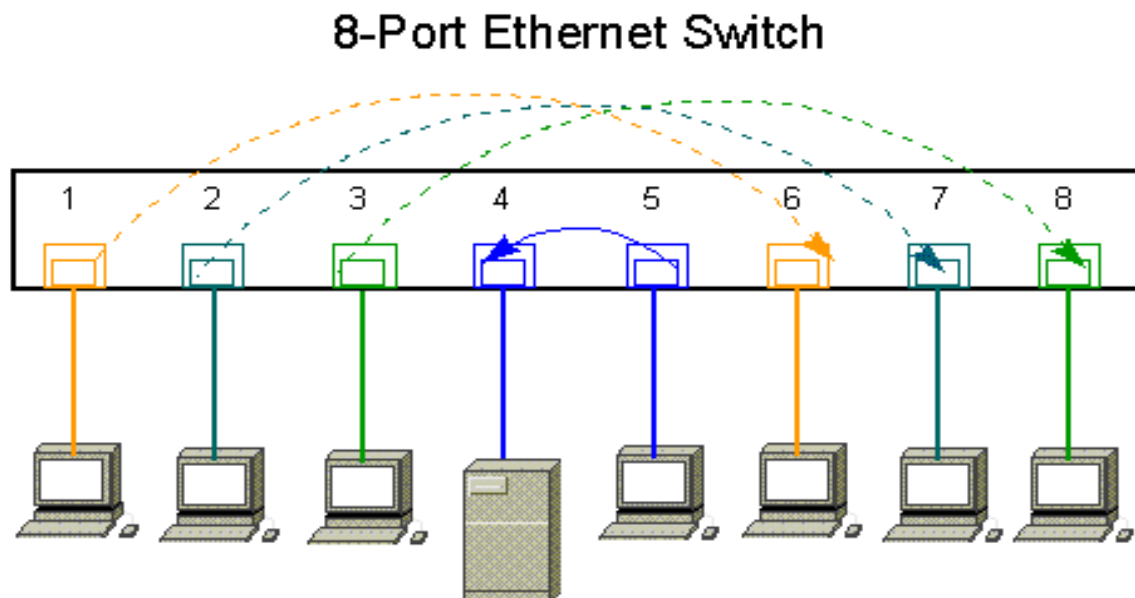


(A) 共享

- More end stations means more collisions
- CSMA/CD is used

# Switches

- 交换机通过内部的交换矩阵把网络划分为多个网段——每个端口为一个冲突域；
- 交换机能够同时并在多对端口间无冲突地交换帧。



# 交换机的工作原理



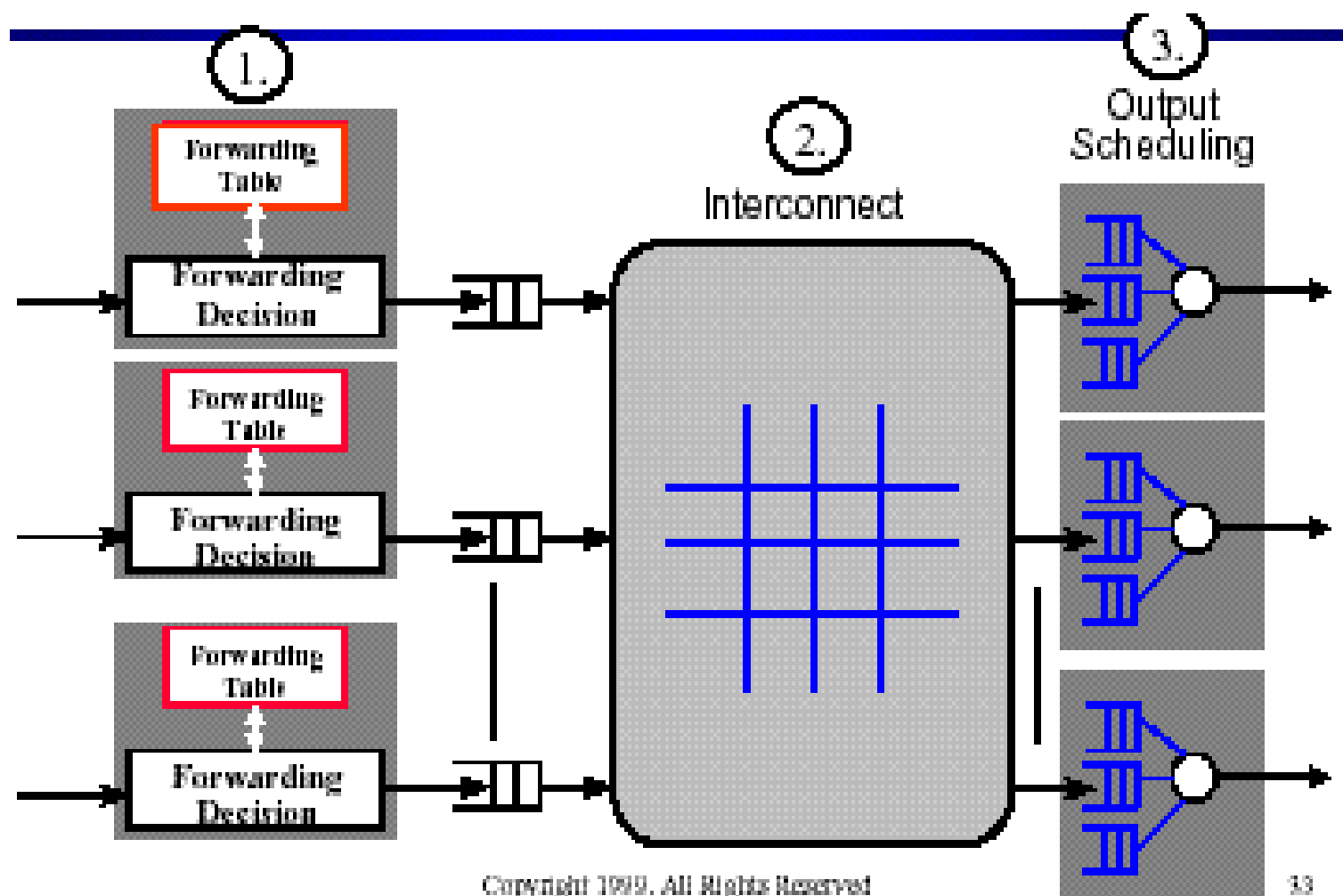
**构造：**端口-地址表、端口缓冲器、交换矩阵

**工作原理：**

- 学习源地址（构造端口-地址表）
- 过滤本网段帧（隔离冲突域）
- 转发异网段帧（交换）
- 广播未知帧（寻找目的站点）



# 交换机结构



# 三种交换技术

## 1. 端口交换

端口交换技术最早出现在插槽式的集线器中，这类集线器的背板通常划分有多条以太网段，不用网桥或路由器连接，网络之间是互不相通的。以太主模块插入后通常被分配到某个背板的网段上，端口交换用于将以太模块的端口在背板多个网段之间进行分配、平衡

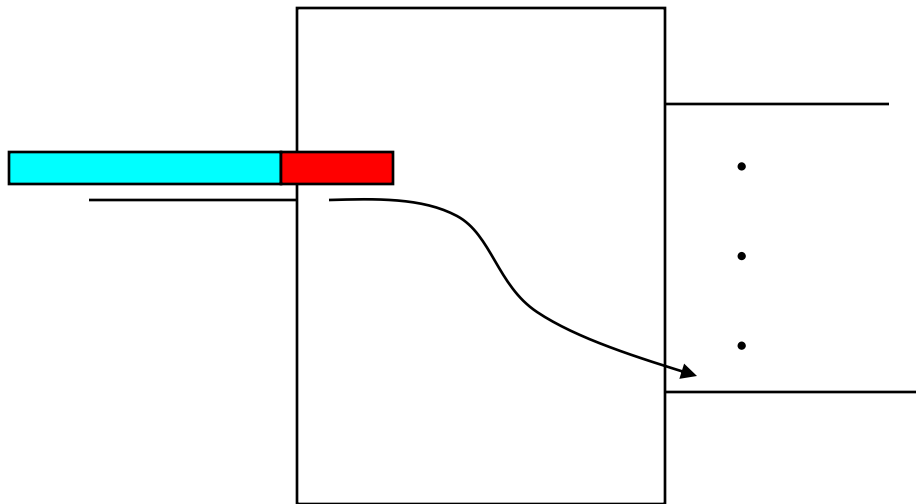
## 2. 帧交换

帧交换是目前最为广泛的局域网技术技术：

- ✓ 直通交换 (cut through)
- ✓ 存贮转发
- ✓ 碎片隔离

## 3. 信元交换    ATM 交换技术

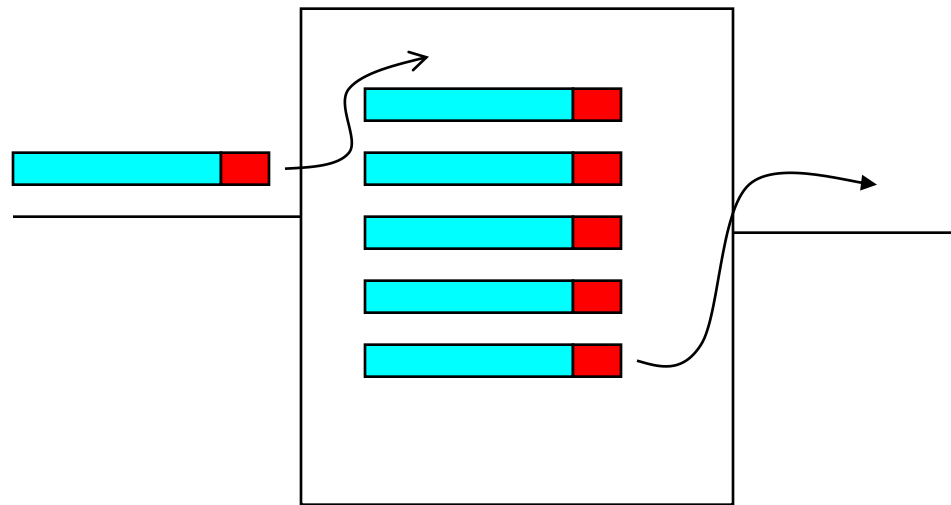
# 交换方式——直通方式（CutThrough）



交换机接收数据包的时候，只要接收完头部信息，马上查询转发表，根据结果立即进行转发。

大大提高了转发速率  
（提供线速处理能力），  
但有可能转发一些错误数据包——碎帧多。

# 交换方式——存储转发



接收

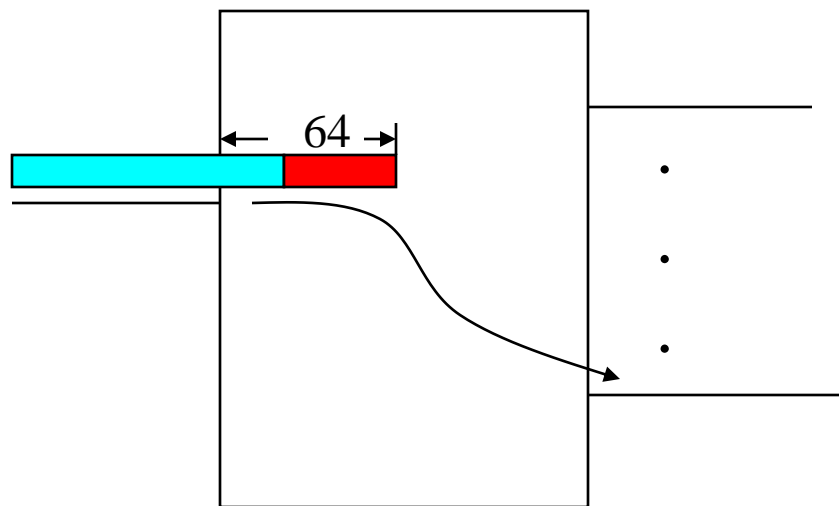
缓存

转发

交换机把接收到的整个数据包缓存，检查数据包长度，进行CRC校验，然后查询转发表进行转发。

提高了可靠性，可以让错误数据包提前过滤掉（**碎帧少**），但**延时大**。

# 交换方式——碎片隔离(Frag-Free)



交换机接收完数据包的前64字节（一个最端帧长度），然后根据头信息查表转发。

结合了直通方式和存储转发方式的优点。

# LAN Switch的分类

## 按工作层次分类

### Layer 2 LAN switch

- ✓ 工作于链路层，实现基于MAC地址的交换与过滤；
- ✓ 相当于多端口的网桥

### Layer 3 LAN switch

- ✓ 根据IP报头内容（主要是IP地址）进行交换

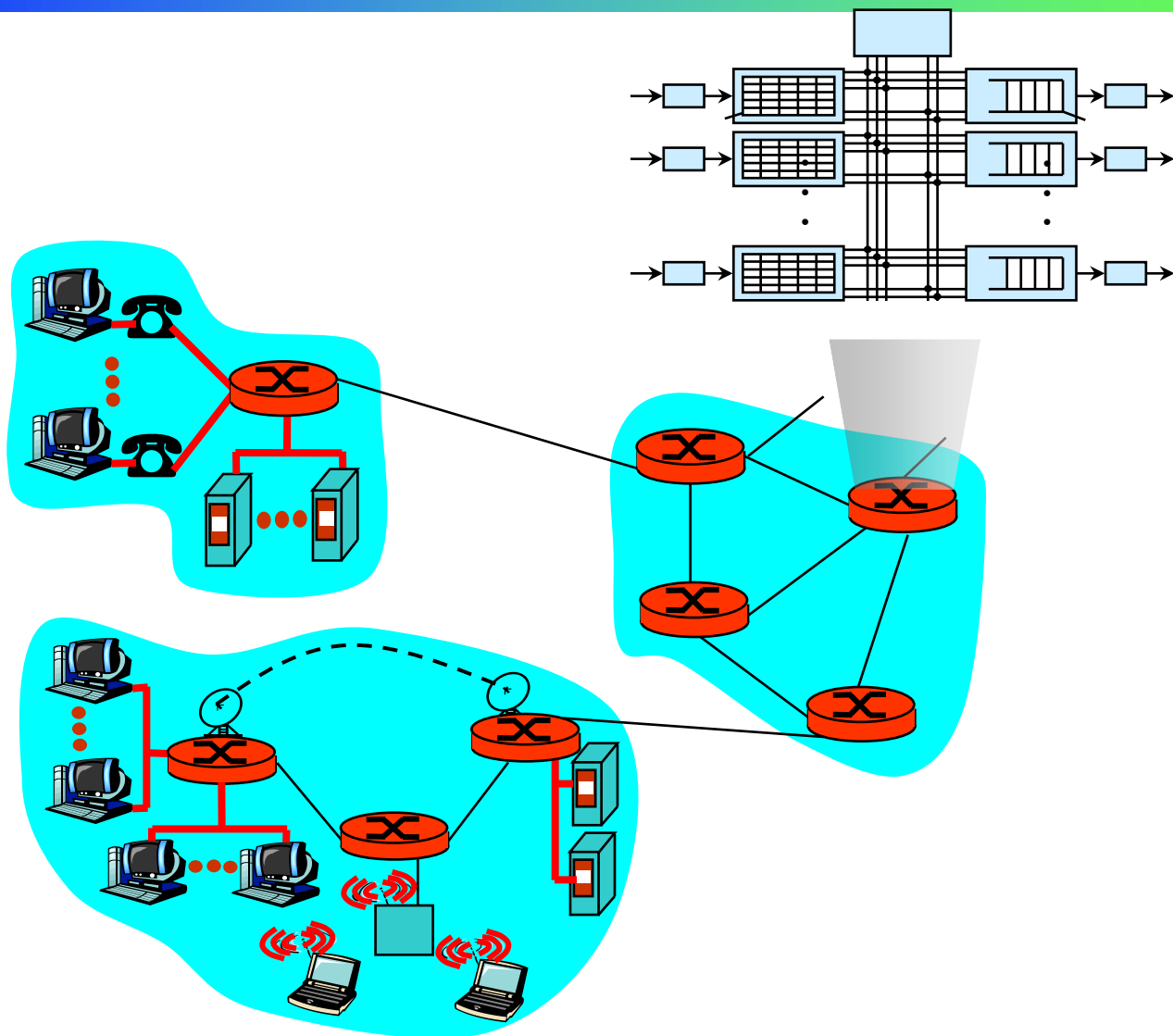
### Layer 4 LAN switch

- ✓ 根据传输层报头内容（端口号—网络应用）进行交换

### Layer 7 LAN switch

- ✓ 根据报文内容进行交换----内容交换

# Routers in a Network

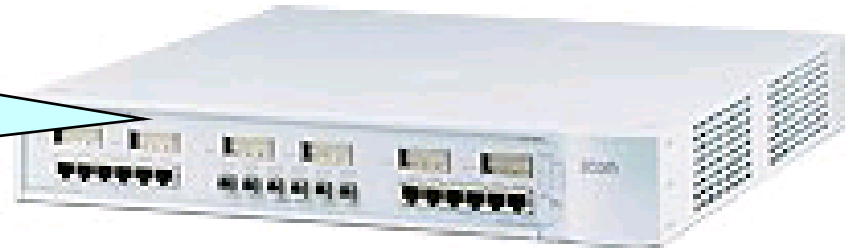
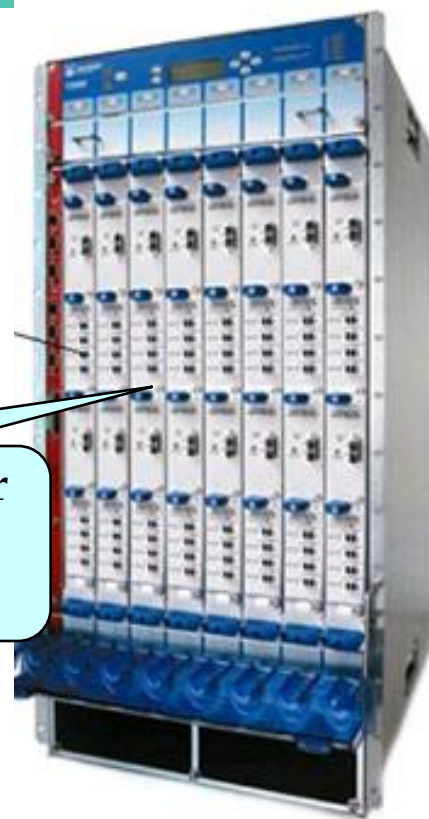


# Sample Routers and Switches

Cisco 12416 Router  
up to 160 Gb/s throughput  
up to 10 Gb/s ports

Juniper Networks T640 Router  
up to 160 Gb/s throughput  
up to 10 Gb/s ports

3Com 4950  
24 port gigabit  
Ethernet switch





# High Capacity Router

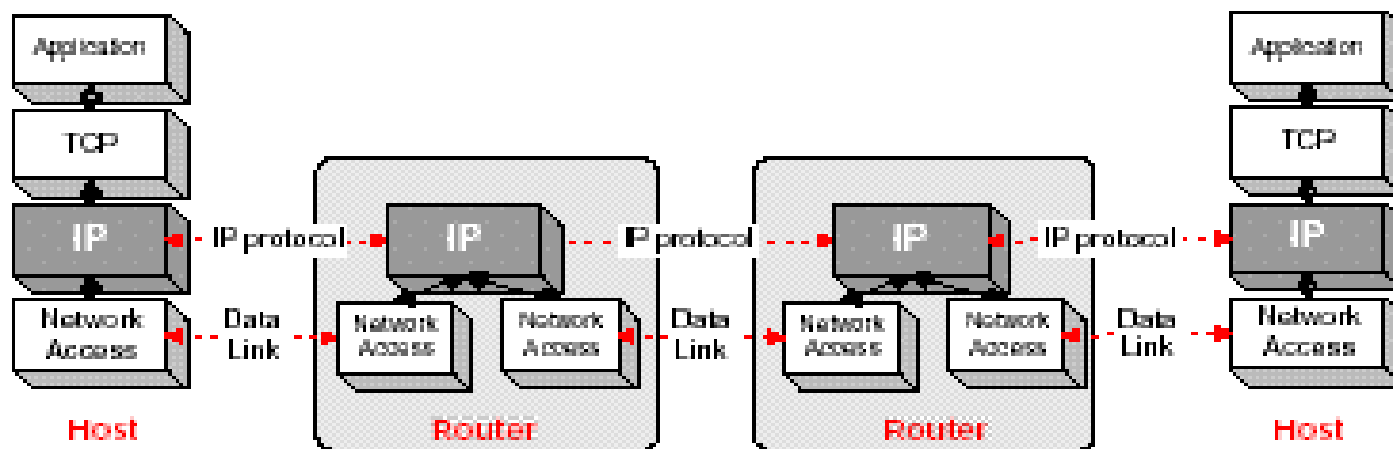
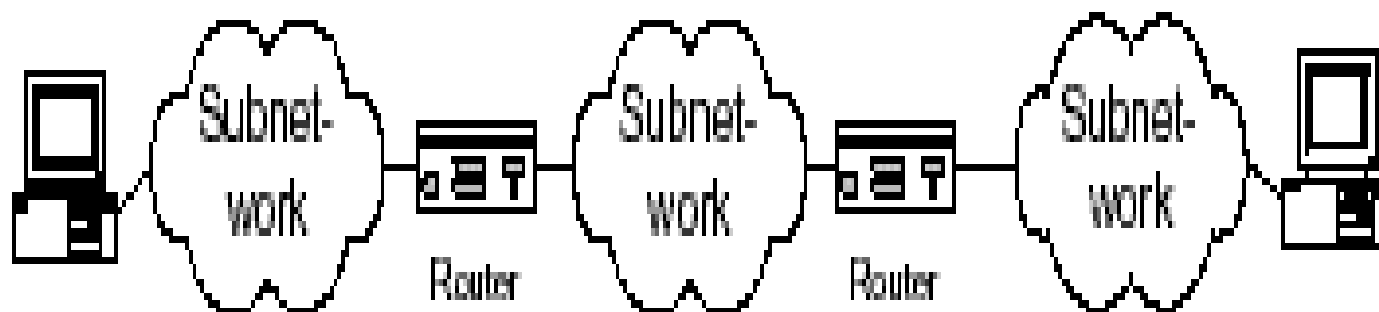


- Cisco CRS-1
  - up to 46 Tb/s thruput
- two rack types
- line card rack
  - 640 Gb/s thruput
  - up to 16 line cards
    - up to 40 Gb/s each
  - up to 72 racks
- switch rack
  - central switch stage
  - up to 8 racks
- in-service scaling

# 路由器



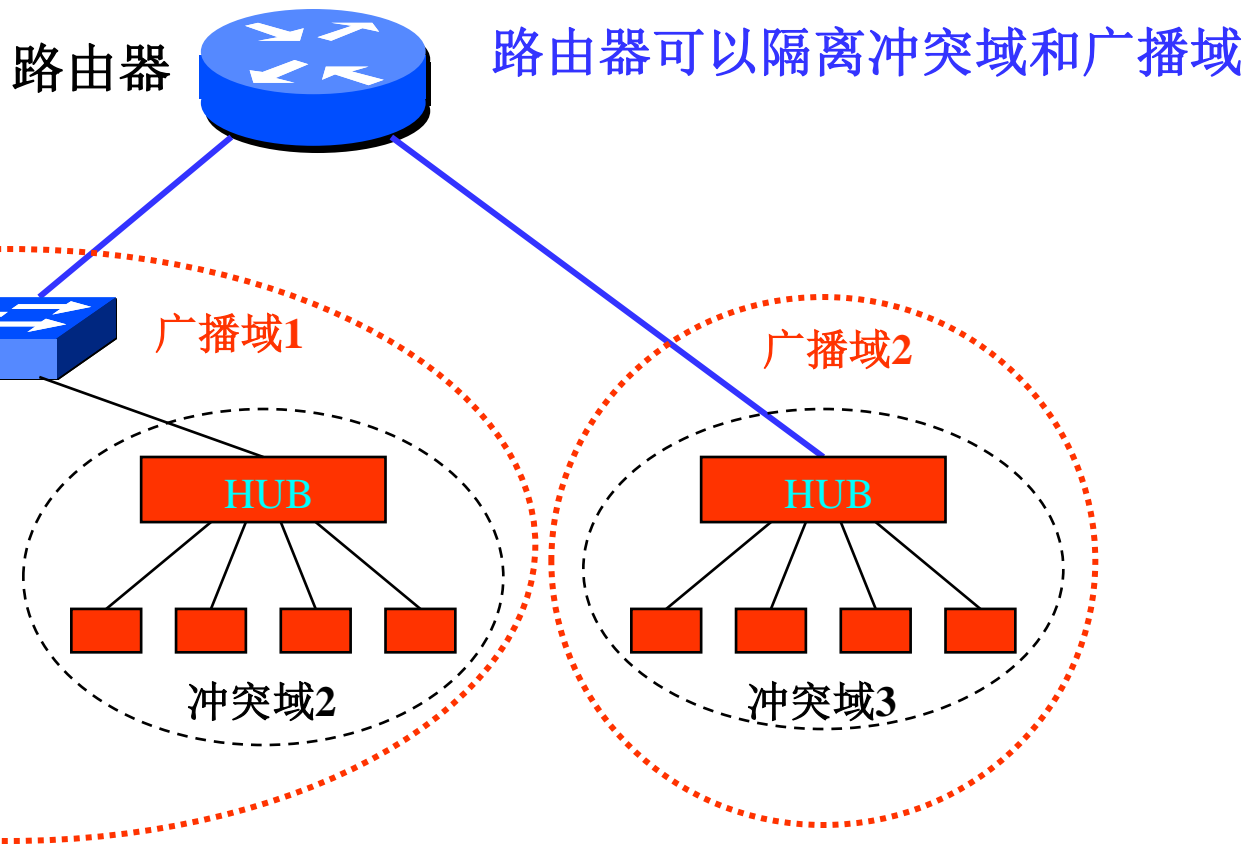
- 路由器工作在网络层。
- 连接多个不同的子网。



# 路由器的作用

- ✓ 路由器的基本功能是连接多个独立的网络或子网
- ✓ 实现子网隔离，限制广播风暴。(目的地址无法识别时，路由器将其丢弃，而不是广播——这一点不同于交换机)
- ✓ 路由选择；
- ✓ 在网络之间转发分组；
- ✓ 数据报的差错控制和网络流量控制；
- ✓ 数据包的过滤和记帐功能；
- ✓ 网络安全隔离（防火墙）。

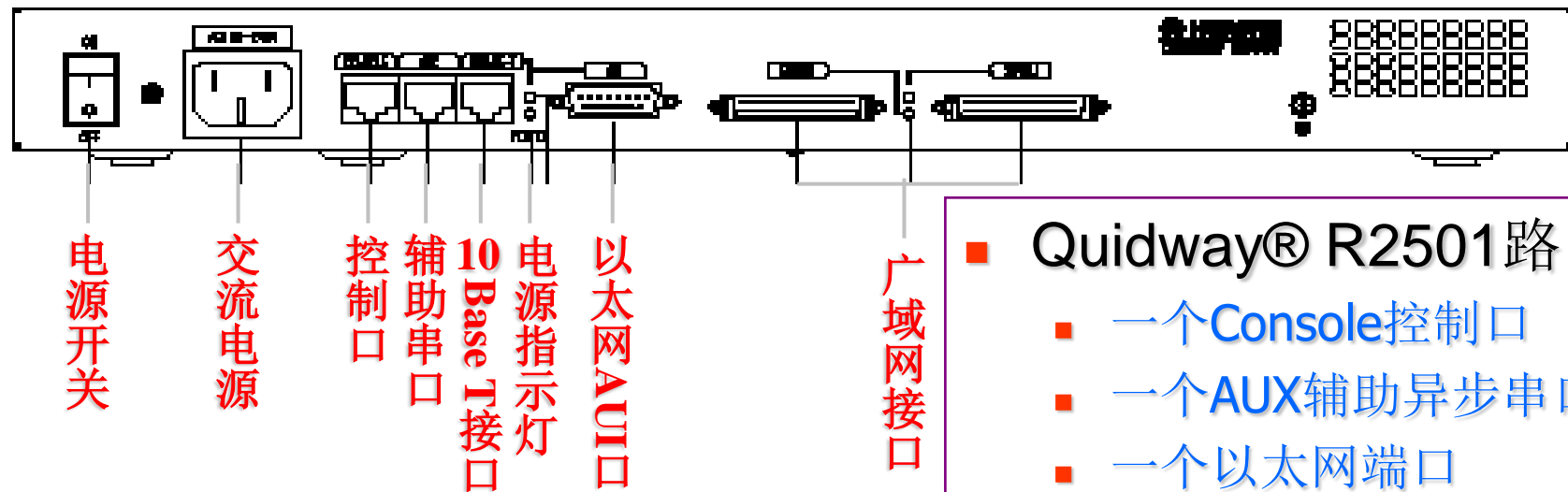
# 用路由器进行网络互联



# 路由器的结构

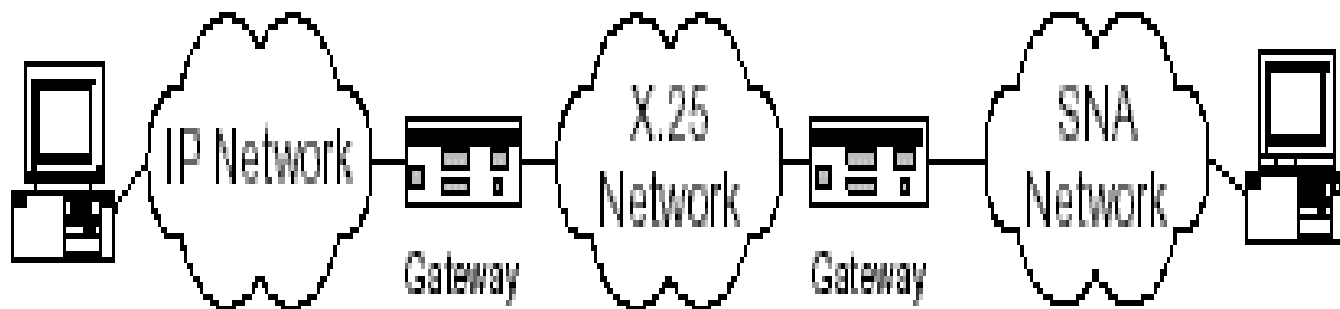
- 控制部件（CPU、RAM、OS）
- 路由表
- 协议软件
- 网络接口（LAN、WAN、CONSOLE）

路由器是一台特殊的计算机



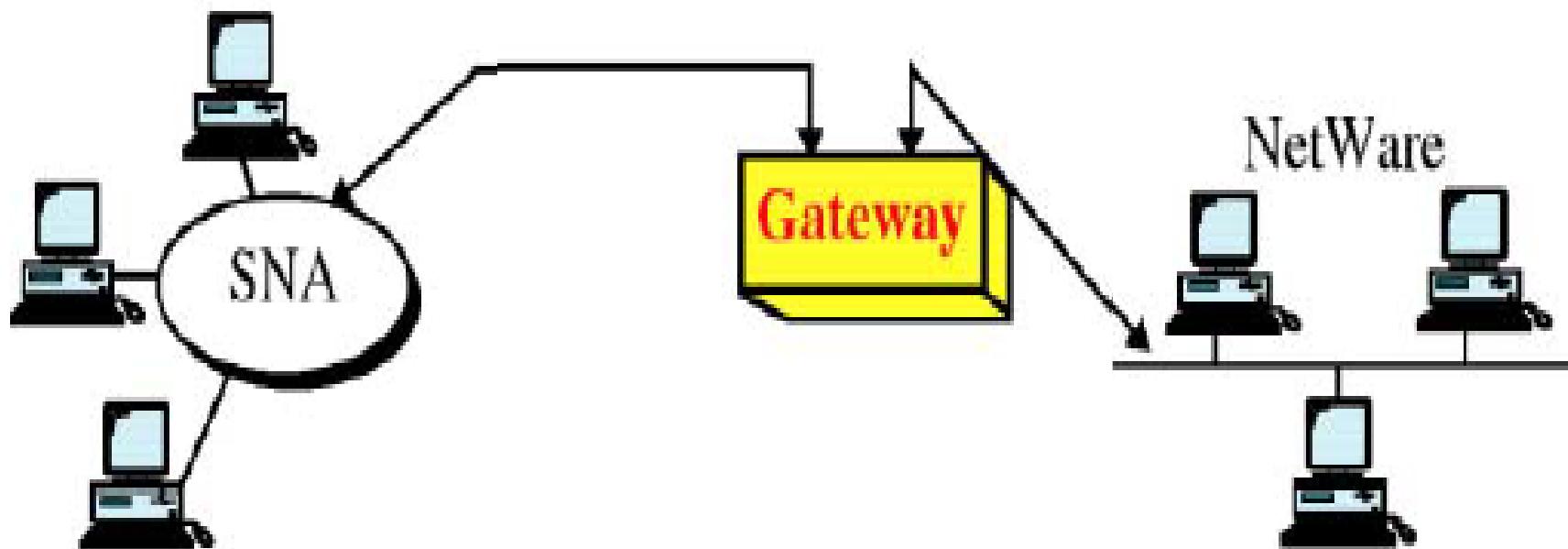
- Quidway® R2501路由器:
  - 一个Console控制口
  - 一个AUX辅助异步串口
  - 一个以太网端口
  - 两个同/异步串口（WAN口）

# Gateways网关



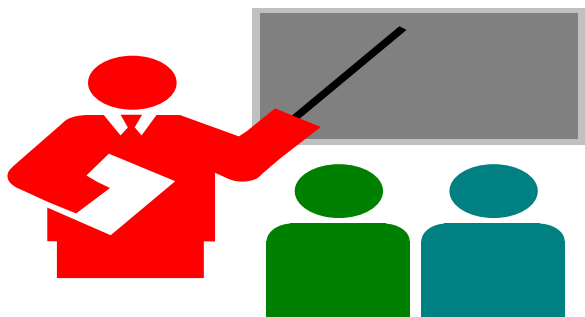
- “网关”这个术语在不同的设备环境中有着不同的含义。
- 对于较早的网络资料来说，“网关”是一个总称。
- “网关”常用于连接不同协议的网络，进行不同协议之间的转换。（“协议转换器”）。

# 网关实例

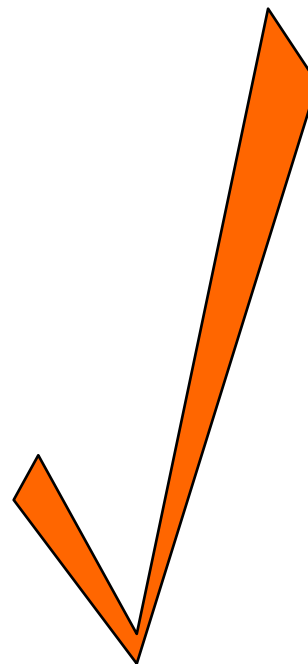


一个连接SNA网络（IBM）和  
NetWare网络（Novell）的网关。

# Summary



- 网络互连的概念
- 中继器/集线器
- 网桥/交换器
- 路由器
- 网关





# 讨论时间



# 习题与思考题

- 局域网能把分布在多大范围内的计算机连接起来？
- 局域网连接计算机使用的基本设备是什么？
- 局域网经常应用在哪些地方的联网？
- 局域网组网结构有几种？各有什么特点？
- 当前局域网组网最常用的方式是哪个？

# 习题与思考题

- 网络服务器提供的常用服务包括哪些？
- 简述网络服务器的分类。
- 简述网络工作站的作用和分类。
- 网络适配器的作用和分类。
- 简述网络适配器驱动程序的作用和分类。
- 网络适配器的选型应该遵守哪些原则？

# 习题与思考题

- 中继器的用途是什么？
- Hub的功能是什么？
- 简述Hub的类型。
- 局域网网桥的作用是什么？
- 说明局域网网桥的工作原理。
- 网桥的站表中包含哪些数据？
- 什么是网桥的学习功能？

# 习题与思考题

- 说明交换机如何提高局域网的性能？
- 简述局域网交换机的主要类型和适用场合。
- 交换机选型时应该考察哪些标准？
- 路由器的作用是什么？
- 简述路由器的主要结构和特点。
- 简述路由器的分类和适用场合。
- 接入路由器选型要考察哪些方面？