



哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



立足航天，服务国防，面向国民经济主战场

# 计算机网络

李全龙

# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 束广就狭:

- 5.1 数据链路层服务
- 5.2 差错编码
- 5.3 多路访问控制（MAC）协议
  - 信道划分协议
  - 随机访问协议
  - 轮转访问协议
- 5.4 局域网编址与ARP协议
- 5.5 以太网
  - 链路层交换，交换机，虚拟局域网（VLAN）
- 5.6 PPP协议



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

1.为什么同时使用**MAC**地址和**IP**地址？为什么不只使用**MAC**地址或只使用**IP**地址？

- 历史原因

- 先有**MAC**地址，后有**IP**地址

- **MAC**地址不可路由，**IP**地址可路由

- **MAC**地址应用于链路层，**IP**地址应用于网络层

- 基于**MAC**地址过滤无需响应的帧

- .....



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑解惑:

2. 如何实现差错控制（差错纠正/处理策略）？可以采用哪些协议？

- 检错重发
  - 停-等协议
  - 滑动窗口协议
- 前向纠错（Forward Error Correction, FEC）
- 反馈校验
- 检错丢弃
- .....



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

3.对于CSMA协议，当欲发送数据的结点检测到信道忙时，可以采取哪些策略？分别有什么优缺点？

### ■ 1-坚持CSMA

- 持续监听，直至空闲
- 优点：响应快；缺点：易冲突

### ■ 非坚持CSMA

- 放弃监听，随机退避
- 优点：少冲突；缺点：响应慢

### ■ P-坚持CSMA

- 时隙信道
- 持续监听至下一时隙
- 空闲则以概率 $P$ 发送帧，以概率 $1-P$ 推迟到下一时隙



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

### 4.随机访问MAC协议如何检测冲突?

- 有线信道: 信号强度
- 无线信道: 确认帧
- .....

#### 随机访问MAC协议

- ❖ 当结点要发送分组时:
  - 利用信道全部数据速率 $R$ 发送分组
  - 没有事先的结点间协调
- ❖ 两个或多个结点同时传输: → “冲突”
- ❖ 随机访问MAC协议需要定义:
  - 如何检测冲突
  - 如何从冲突中恢复 (e.g., 通过延迟重传)
- ❖ 典型的随机访问MAC协议:
  - 时隙(slotted)ALOHA
  - ALOHA
  - CSMA、CSMA/CD、CSMA/CA



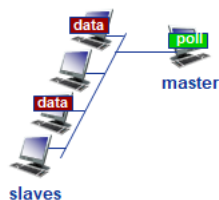
## ❖ 质疑辨惑:

### 5.总结两个轮转访问MAC协议：轮询和令牌传递的共同点和不同点？

#### 轮转访问MAC协议

##### 轮询(polling):

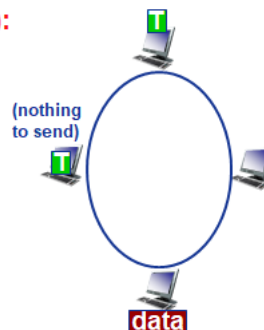
- ❖ 主结点轮流“邀请”从属结点发送数据
- ❖ 典型应用：“哑(dumb)”从属设备
- ❖ 问题：
  - 轮询开销
  - 等待延迟
  - 单点故障



#### 轮转访问MAC协议

##### 令牌传递(token passing):

- ❖ 控制令牌依次从一个结点传递到下一个结点.
- ❖ 令牌：特殊帧
- ❖ 问题：
  - 令牌开销
  - 等待延迟
  - 单点故障



作答

# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

### 5.总结两个轮转访问MAC协议：轮询和令牌传递的共同点和不同点？

#### ■ 共同点:

- 开销
- 等待延迟
- 单点故障
- 无冲突

#### • 信道预约+数据传输

#### ■ 不同点:

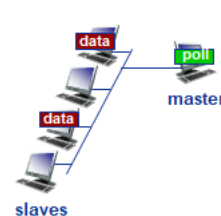
- 轮询：集中式预约（分配）信道
- 令牌：分布式预约信道

#### ■ 能否设计一个轮转访问MAC协议？

#### 轮转访问MAC协议

##### 轮询(polling):

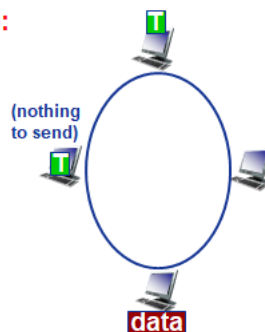
- ❖ 主结点轮流“邀请”从属结点发送数据
- ❖ 典型应用：“哑(dumb)”从属设备
- ❖ 问题：
  - 轮询开销
  - 等待延迟
  - 单点故障



#### 轮转访问MAC协议

##### 令牌传递(token passing):

- ❖ 控制令牌依次从一个结点传递到下一个结点.
- ❖ 令牌：特殊帧
- ❖ 问题：
  - 令牌开销
  - 等待延迟
  - 单点故障





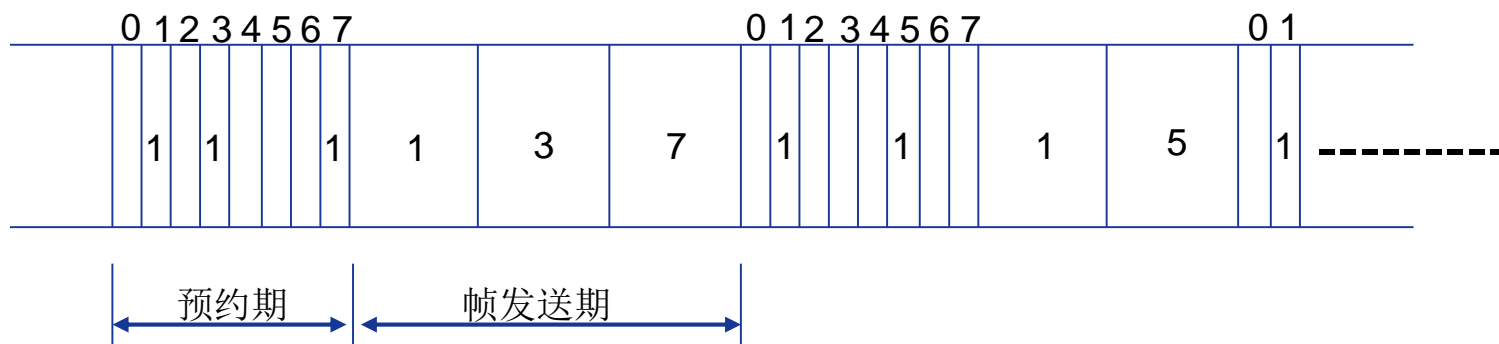
# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

### 5. 设计一个轮转访问MAC协议?

#### ■ 比特映像介质访问控制协议

- 将时间划分成一系列的**预约周期**和**数据传输周期**
- 每个预约周期包括N个时隙，每个时隙1比特，对应一个站
- 任何一个站想发送数据，必须在它的时隙到来时发一个“1”
- 当预约周期结束后，所有站都知道有哪些站希望发送数据，于是这些预约过的站按编号顺序发送，永不冲突
- 最后一个站发完数据后，开始新一轮的预约周期



## ❖ 质疑辨惑:

6.某局域网采用**CSMA/CD**协议实现介质访问控制,数据传输速率为**10 Mbps**,主机甲和主机乙之间的距离为**2 km**,信号传播速度是**200 000 km/s**。

请问:若主机甲和主机乙发送数据时发生冲突,则从开始发送数据时刻起,到两台主机均检测到冲突时刻止,最短需经过多长时间?最长需经过多长时间?

作答



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

### ■ 6. 解:

主机甲和主机乙之间单向传播延迟时间 =  $2\text{km}/(200\,000\text{ km/s}) = 10\mu\text{s}$ ;  
两台主机均检测到冲突时, 最短所需时间和最长所需时间对应下面两种极端情况:

① 主机甲和主机乙同时各发送一个数据帧, 信号在信道中发生冲突后, 冲突信号继续向两个方向传播。因此, 双方均检测到冲突需要1个单向传播延迟, 即 $10\mu\text{s}$ 。

因此, 甲乙两台主机均检测到冲突时, 最短需经过 $10\mu\text{s}$ 。

② 主机甲(或主机乙)先发送一个数据帧, 当该数据帧即将到达主机乙(或主机甲)时, 主机乙(或主机甲)也开始发送一个数据帧。这时, 主机乙(或主机甲)将立即检测到冲突; 而主机甲(或主机乙)要检测到冲突, 冲突信号还需要从主机乙(或主机甲)传播到主机甲(或主机乙), 因此, 主机甲(或主机乙)检测到冲突需要2个单向传播延迟, 即 $20\mu\text{s}$ 。

因此, 甲乙两台主机均检测到冲突时, 最长需经过 $20\mu\text{s}$ 。



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

- 7. 一个主机可以通过ARP协议查询另一个子网主机的MAC地址吗？可能的方案？

↓

**ARP代理！**

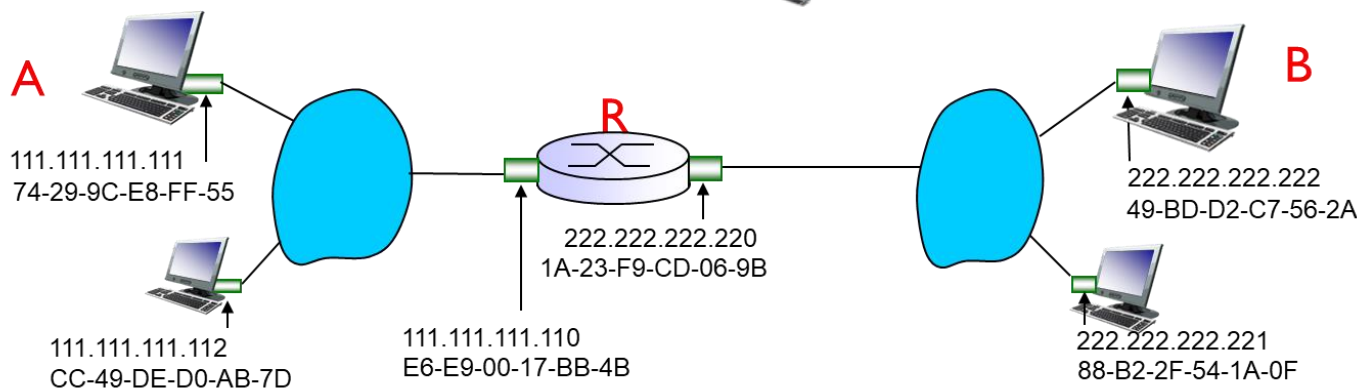
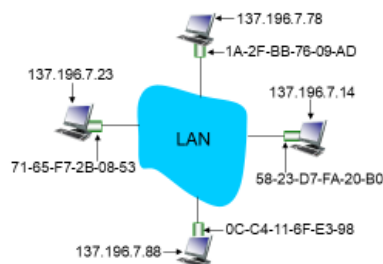


### ARP: address resolution protocol

**Question:** how to determine interface's MAC address, knowing its IP address?

**ARP table:** each IP node (host, router) on LAN has table

- IP/MAC address mappings for some LAN nodes:  
< IP address; MAC address; TTL >
- TTL (Time To Live): time after which address mapping will be forgotten (typically 20 min)

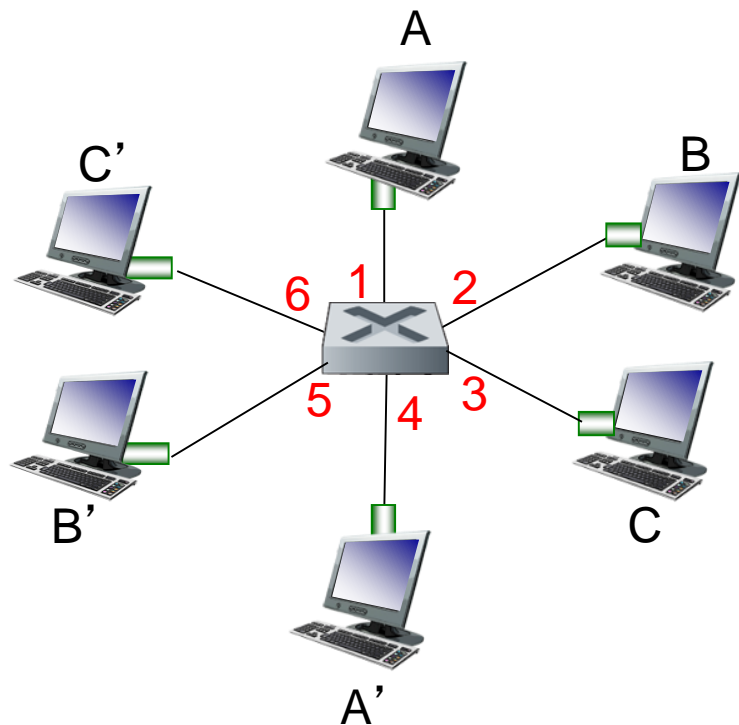


# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

### ■ 8.如何改进设计使交换机转发帧的速度快一些?

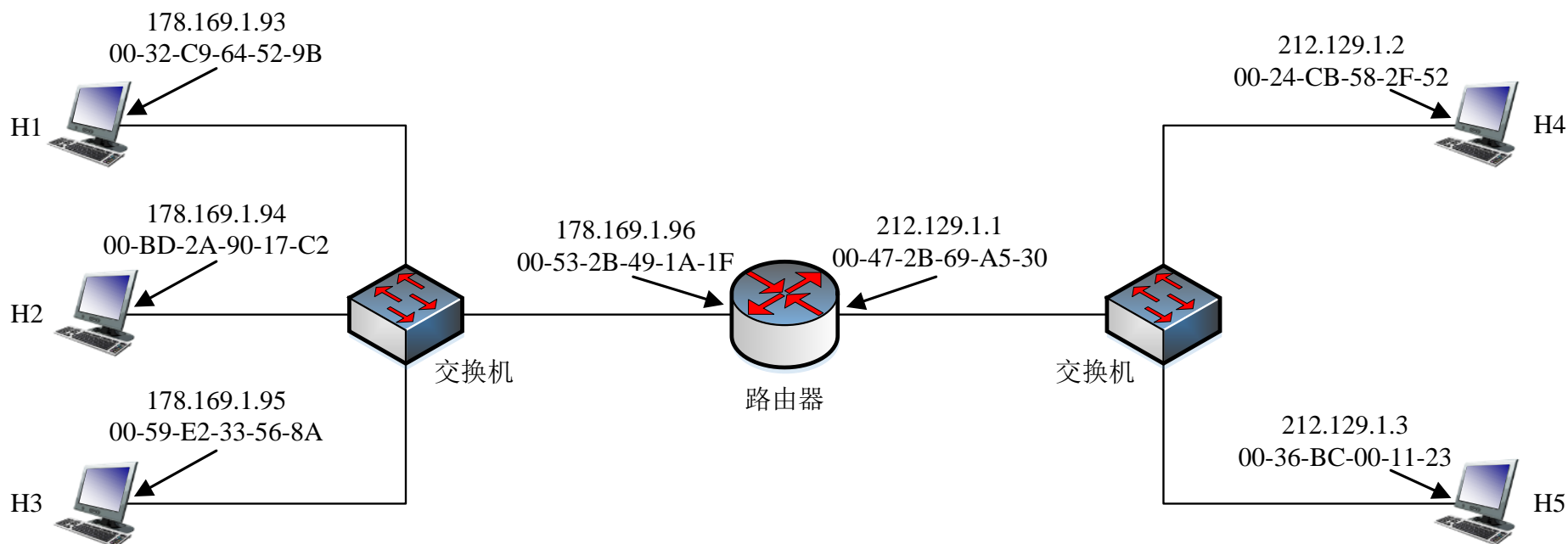
- 更好性能的硬件
- 优化硬件体系结构
- 直通交换  
(cut-through switching)
- .....



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

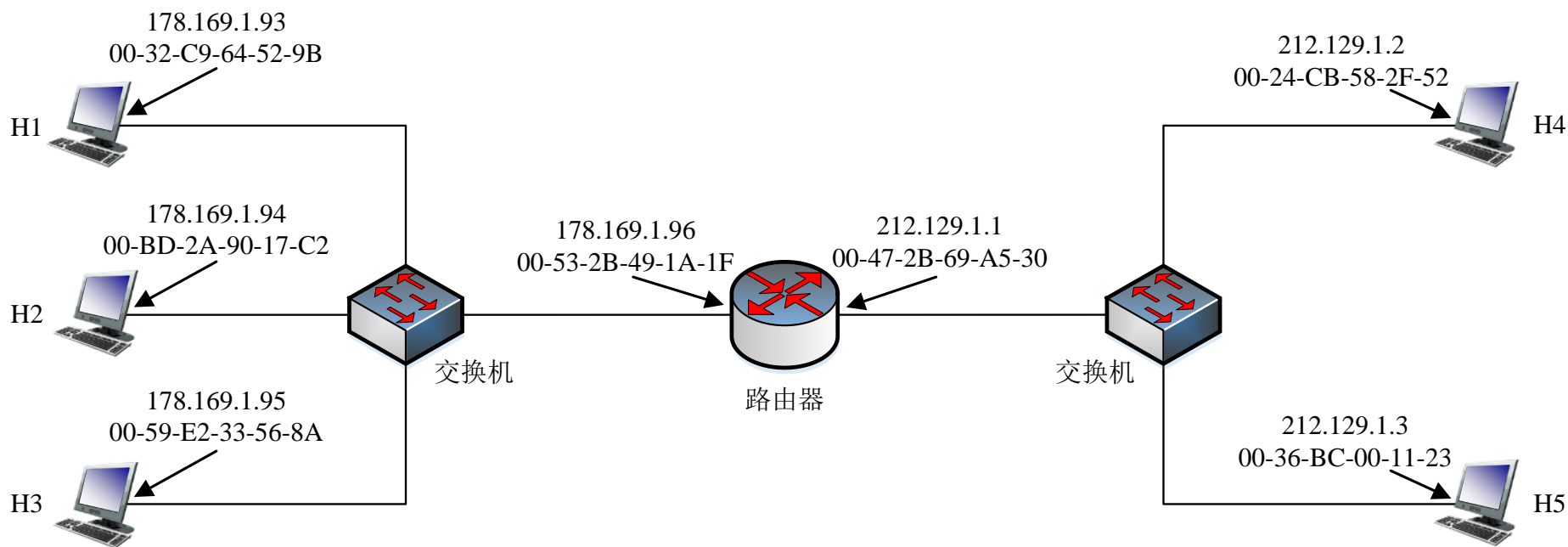
- 9.当主机H1需要向主机H5发送IP分组时，
  - H1发送的IP分组的目的IP地址是什么？
  - 封装该IP分组的以太网帧的目的MAC地址是什么？
  - H5收到的以太网帧的源MAC地址是什么？



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 质疑辨惑:

- 9.当主机H1需要向主机H5发送IP分组时，
  - H1发送的IP分组的目的IP地址是：212.129.1.3
  - 封装该IP分组的以太网帧的目的MAC地址是：00-53-2B-49-1A-1F
  - H5收到的以太网帧的源MAC地址是：00-47-2B-69-A5-30



# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

## ❖ 解疑释惑:

- 1. 差错编码的检错和纠错能力与什么有关?
- 2. 信道划分MAC协议有什么特点?
- 3. 随机访问MAC协议有什么特点?
- 4. 轮转访问MAC协议有什么特点?
- 5. 什么是1-坚持CSMA协议? 非坚持CSMA协议? P-坚持CSMA协议?
- 6. CSMA/CD协议的特点是什么?
- 7. 如果主机换了网卡, 其他主机如何更新ARP表?





# 第8周 课堂教学-数据链路层与局域网

❖ 演武修文：

■ 课堂测验

实验1：HTTP代理服务器设计与实现



下列关于CSMA/CD协议的叙述中，错误的是

- ☐ A 边发送数据帧，边检测是否发生冲突
- ☒ B 适用于无线网络，以实现无线链路共享
- ☐ C 需要根据网络跨距和数据传输速率限定最小帧长
- ☐ D 当信号传播延迟趋近0时，信道利用率趋近100%

提交



下列介质访问控制方法中，可能发生冲突的是

- ☐ A CDMA
- ☒ B CSMA
- ☐ C TDMA
- ☐ D FDMA

提交



假设一个局域网采用时隙ALOHA协议，每个结点以概率 $P=0.5$ 决策下一个时隙发送数据帧。若只有两个结点A、B在当前时隙竞争发送帧并产生冲突，则下个时隙A成功发送帧的概率是

- ☐ A 0.125
- ☒ B 0.25
- ☐ C 0.5
- ☐ D 0.75

提交



若数据传输时采用<D,EDC>差错编码，其中D为数据， $EDC=DD$ （即复制两份数据），则  
该差错编码可以

- ☐ A 检测3个比特差错，纠正3个比特差错
- ☐ B 检测3个比特差错，纠正2个比特差错
- ☐ C 检测2个比特差错，纠正2个比特差错
- ☒ D 检测2个比特差错，纠正1个比特差错

提交



# 第9周 课堂教学-无线局域网与物理层

- ❖ 束广就狭：（20分钟） **第8组（或第1组）报告总结**
  - 无线局域网802.11、数据通信基础、物理介质、信道与信道容量、基带传输基础、频带传输基础、物理层接口规程。
- ❖ 质疑解惑：（60分钟）
  - 1. 如何理解冲突域、广播域和子网？
  - 2. 如何理解网络通信过程中各协议的作用？
  - 3. 如何理解基带传输和频带传输？
  - .....
- ❖ 解疑释惑：（10分钟）
  - 解答疑问
- ❖ 演武修文：（10分钟）
  - 课堂测验
  - 讲解





哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



立足航天，服务国防，面向国民经济主战场

谢谢！