

Ch6 Link Layer

- Intro

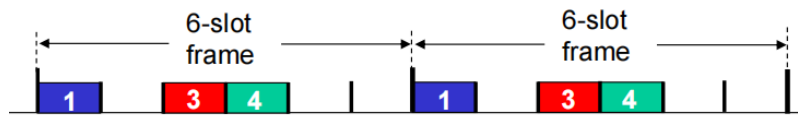
- 作用：transfer datagram from one node to physically adjacent node over a link
- nodes, links(wired & wireless) 有线低错误率
- layer-2 pkt: frame, encapsulates datagram
 - MAC在frame的header里
- 不同的链路有不同的链路协议，每个协议提供不同的服务（rdt）
- 实现——host
 - adapter(network interface card, NIC) or on a chip
 - combination of hardware, software, firmware

- error detection & correction bits EDC

- error detection
 - 探测由signal attenuation, noise造成的error
 - rcver检测到错误后，snder重传或drop frame
 - 三个常见方法
 - Parity checks(一维/二维)：加上校验位有奇数/偶数个1, 二维有两个错能检测出来但是会检测出4个，如果有4bit错误可能会检测不出来
 - Check-summing methods: UDP, TCP checksum
 - Cyclic-redundancy check CRC——modulo-2 arithmetic加法不进位，减法不借位XOR
 - $R = D \cdot 2^r \% G$ 且G最高有效位是1
 - $D \cdot 2^r \text{ XOR } R = nG$
 - 能检测到最多r比特的差错
- error correction
 - rcver识别和纠正错误，不需要重传

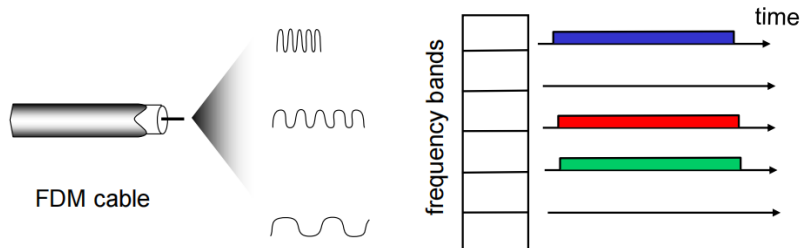
- multiple access protocol MAP: 点对点/广播, collide

- 协议理想特性
 - 一个点以R bps发送
 - M个点平均R/M bps
 - 分散：不会因为一个点崩溃而崩溃
 - simple
- channel partitioning：把channel分成小块——time slot, freq, code
 - TDMA: time division multiple access



- 每个包一个slot, $\text{len} = \text{pkt transmission time}$
- 一个节点只能使用 R/N 的带宽
- 时间空闲

- FDMA: frequency division multiple access



- channel spectrum divided into frequency bands
- each station assigned fixed frequency band
- 频段空闲

- 这两者满足期望2 3 4, 没满足1

- random access: 允许碰撞, 修复, 如果fail就等一个随机时间

- 满足1

- slotted ALOHA

- 每个frame L bit, 大小一样
- 每个slot L/R , 一个slot等于传输一帧的时间
- 只在slot开始时间传输, 如果没碰撞就接着传
- 如果碰撞, 该节点以概率 p 在后续每个slot重传它的帧
- N 个nodes, successful slot 概率 $Np(1 - p)^{N-1}$, 极限是 $1/e$

- ALOHA

- $p(1 - p)^{2(N-1)} \rightarrow \frac{1}{2e}$

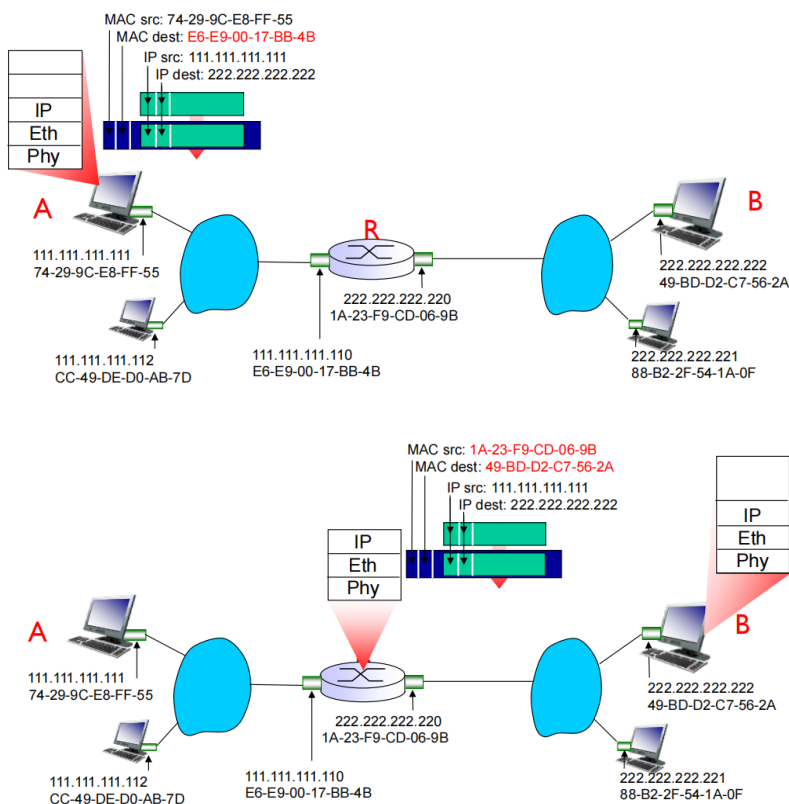
- CSMA, CSMA/CD (Ethernet), CSMA/CA (802.11)

- CSMA (carrier sense multiple access): 监听channel是否空闲
- CSMA/CD collision detection
 - NIC 从网络层收到datagram
 - if idle: 传输
 - 在传输过程中NIC监视其他Adapter信号能量
 - 如果检测到则停止传输
 - 等待一个随机的时间, 返回2
 - binary (exponential) backoff: 经历 n 次碰撞, 随机时间 $K \in [0, 2^n - 1]$, $n \leq 10$, 等待 $512K$

- “taking turns”: 轮流
 - 轮询 polling protocol: 主节点依次告诉每个节点能传输帧的数量——缺点时延+主节点故障都故障
 - token-passing protocol: 在节点间传输token，如果有要发送的frame才会持有token，没有则传给下一个节点——缺点 一个节点故障可能全员崩溃

- LANs local area network

- addressing ARP
 - MAC (medium access control),在NIC(接口)而不是router/host, 48bits, hexa
 - switches没有MAC
 - ipv4 mac 广播 ff-ff-ff-ff-ff-ff
 - **ARP address resolution protocol**



- IP -> MAC 同一子网下
- ARP table 同一个LAN下所有节点的MAC和TTL
- A send datagram to B
 - B MAC不在A的ARP table里
 - A广播ARP，包含B的ip 和router的mac
 - B replay MAC
 - A 存储

- Ethernet

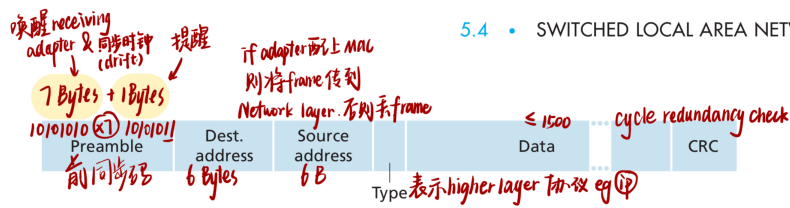


Figure 5.20 ♦ Ethernet frame structure

- connectionless: 没有握手
- *unreliable* 不发送ACK
- Ethernet's MAC protocol: unslotted CSMA/CD with binary backoff
- switches
 - 作用: 转发, 透明, self-learning
 - 有buffer, 没有碰撞
 - 有switch table, 能知道mac interface ttl
 - Switches vs. routers
 - 相同: store-and-forward, forwarding tables
 - switches
 - link layer, layer-2
 - table: flooding learning + MAC
 - 防火墙防的是第二层
 - router
 - network layer, layer-3
 - table: routing algorithm + IP
- VLANs port-based VLAN
 - traffic isolation 只能从同一vlan下的端口传出
 - dynamic membership 端口动态分配vlan
 - vlan间传输, 用router
- data center networking
 - 挑战
 - 每个应用服务于大量的程序
 - load balancer—application-layer routing