

本节内容

IPv4 分组

408考研大纲（网络层）

（一）网络层的功能

异构网络互连；路由与转发；SDN 基本概念；拥塞控制

（二）路由算法

静态路由与动态路由；距离-向量路由算法；链路状态路由算法；层次路由

（三）IPv4

IPv4 分组；IPv4 地址与 NAT；子网划分与子网掩码、CIDR、路由聚合、ARP、DHCP 与 ICMP

（四）IPv6

IPv6 的主要特点；IPv6 地址

（五）路由协议

自治系统；域内路由与域间路由；RIP 路由协议；OSPF 路由协议；BGP 路由协议

（六）IP 多播

多播的概念；IP 多播地址

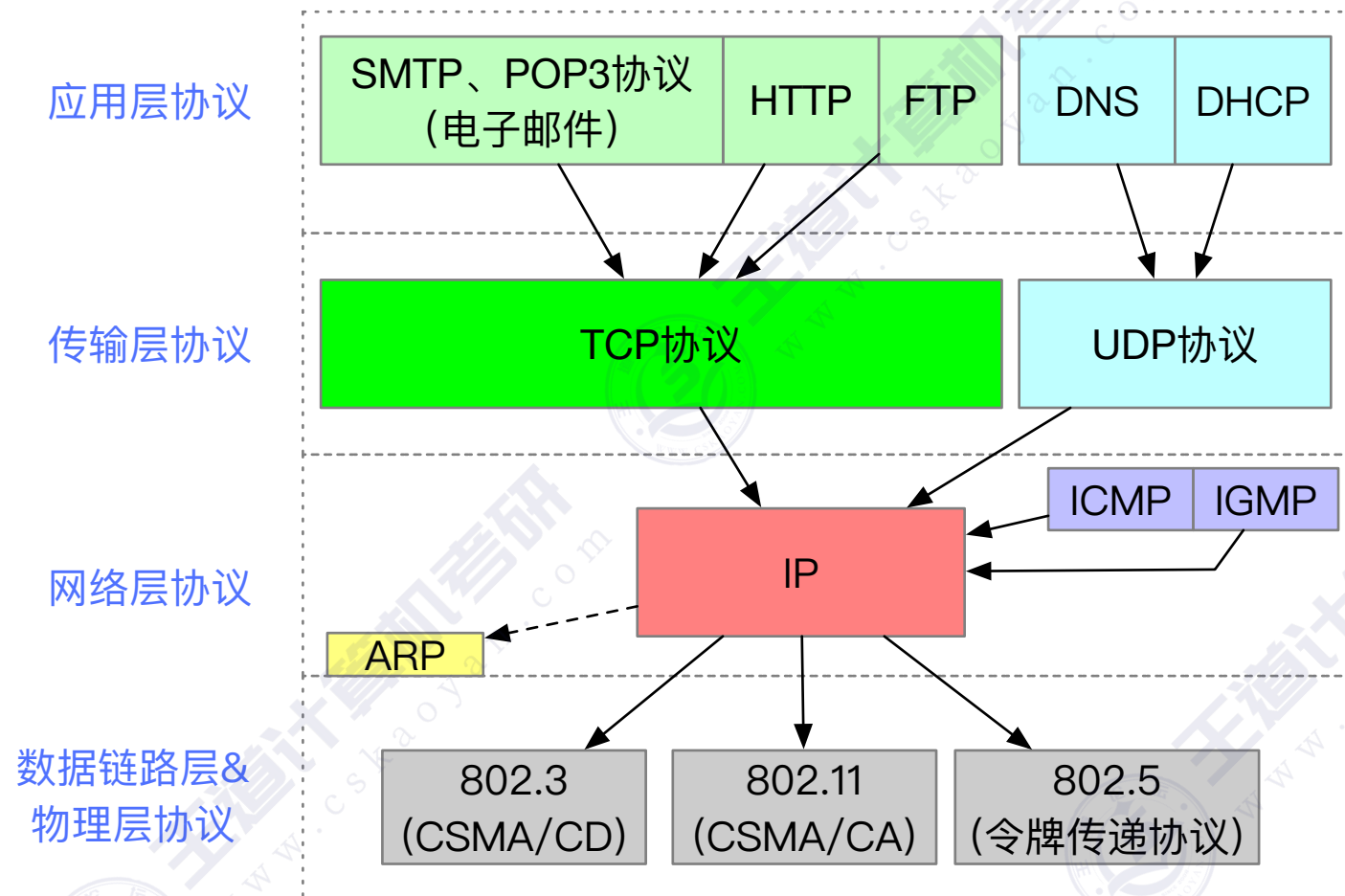
（七）移动 IP

移动 IP 的概念；移动 IP 通信过程

（八）网络层设备

路由器的组成和功能；路由表与路由转发

各种协议之间的服务关系



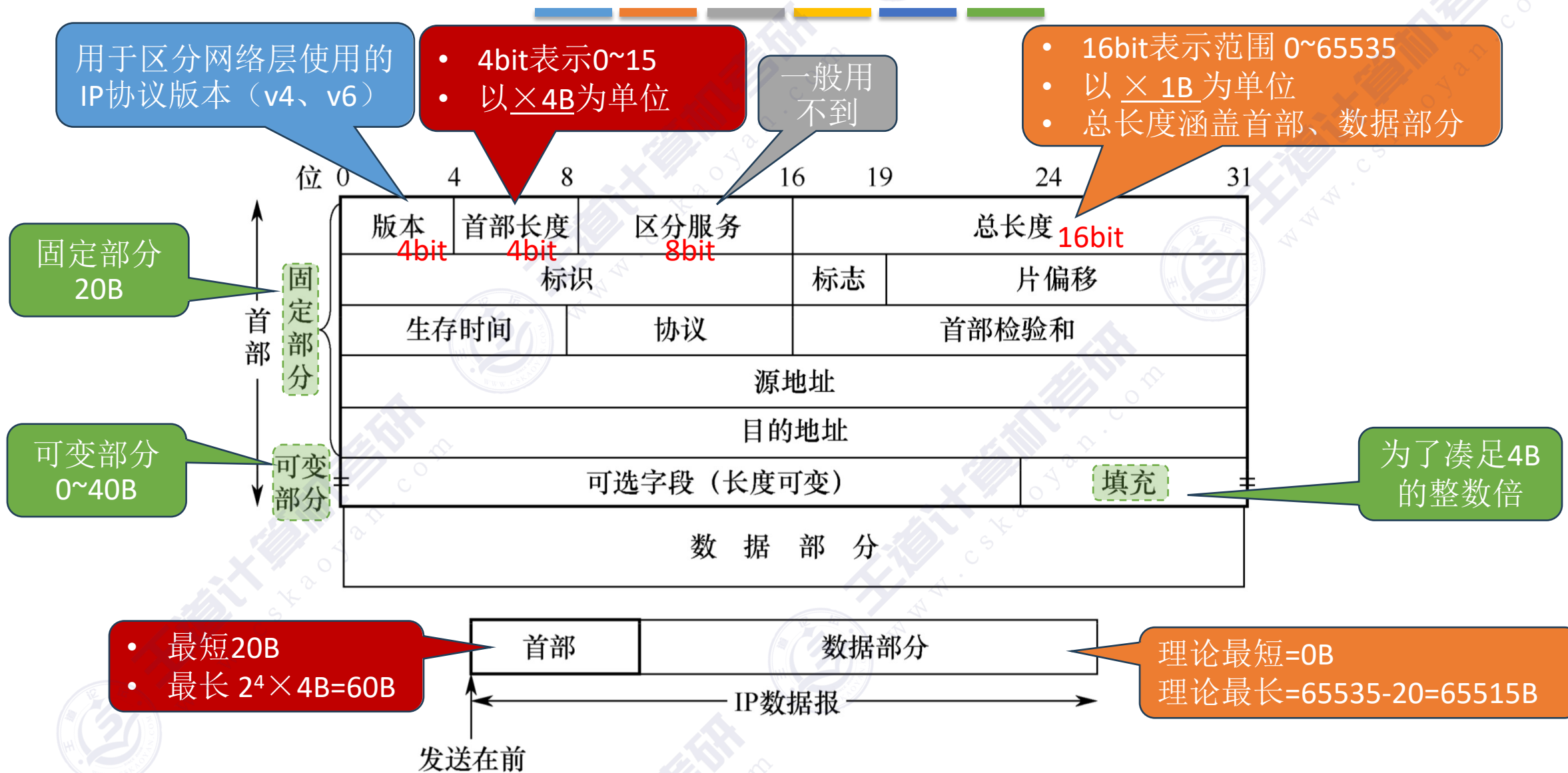
IP协议（Internet Protocol，网际协议）是互联网的核心！

ARP协议用于查询同一网络中的<主机IP地址, MAC地址>之间的映射关系

ICMP协议用于网络层实体之间相互通知“异常事件”

IGMP协议用于实现IP组播

IP数据报（IP分组）的格式



例：2012年真题47（大题）

首部长度=
 $5 \times 4B = 20B$

总长度= $48 \times 1B = 48B$

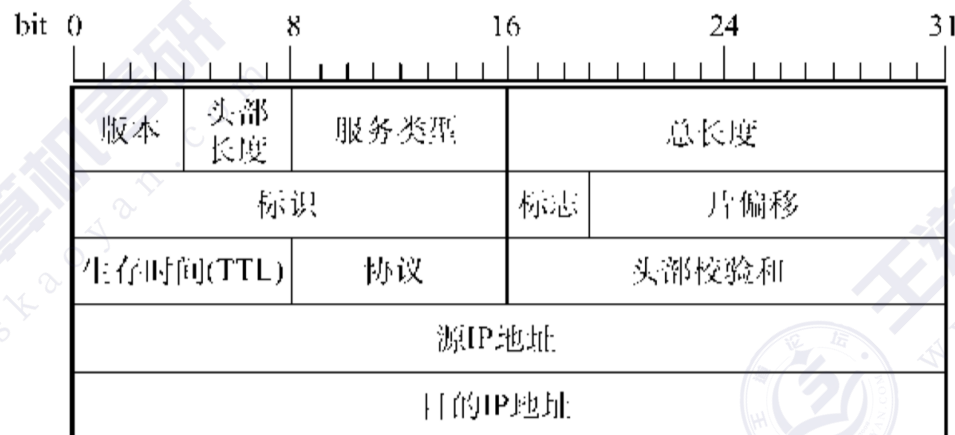
题 47-a 表

IP 分组的前 40 字节内容（十六进制）

首部 45 00 00 30 01 9b 40 00 80 06 1d e8 c0 a8 00 08 d3 44 47 50
数据部分 0b d9 13 88 84 6b 41 c5 00 00 00 00 70 02 43 80 5d b0 00 00

（题目没给完整）

数据部分 = $48 - 20 = 28B$



Tips:

- IP数据报首部格式不用记忆，考试会给参考图。
- 但要记住每个字段的含义

题 47-a 图 IP 分组头结构

IP数据报（IP分组）的格式

由IP数据报的“源主机”生成，通常是自增序列

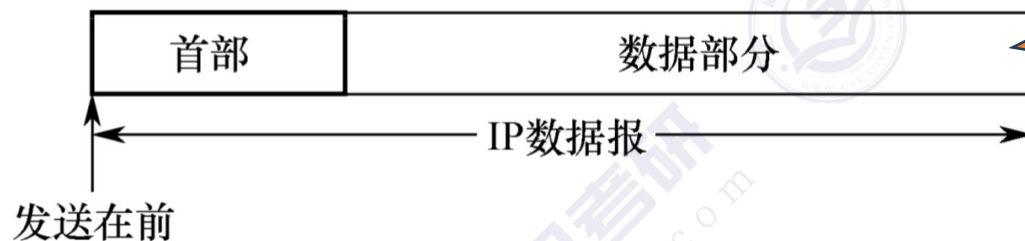
最低位 MF（More Fragment）
次低位 DF（Don't Fragment）
最高位不用管

- 表示数据部分在“被分片前”的位置
- 以 $\times 8B$ 为单位



MF=1，表示后面还有分片
MF=0，表示这是最后一个分片

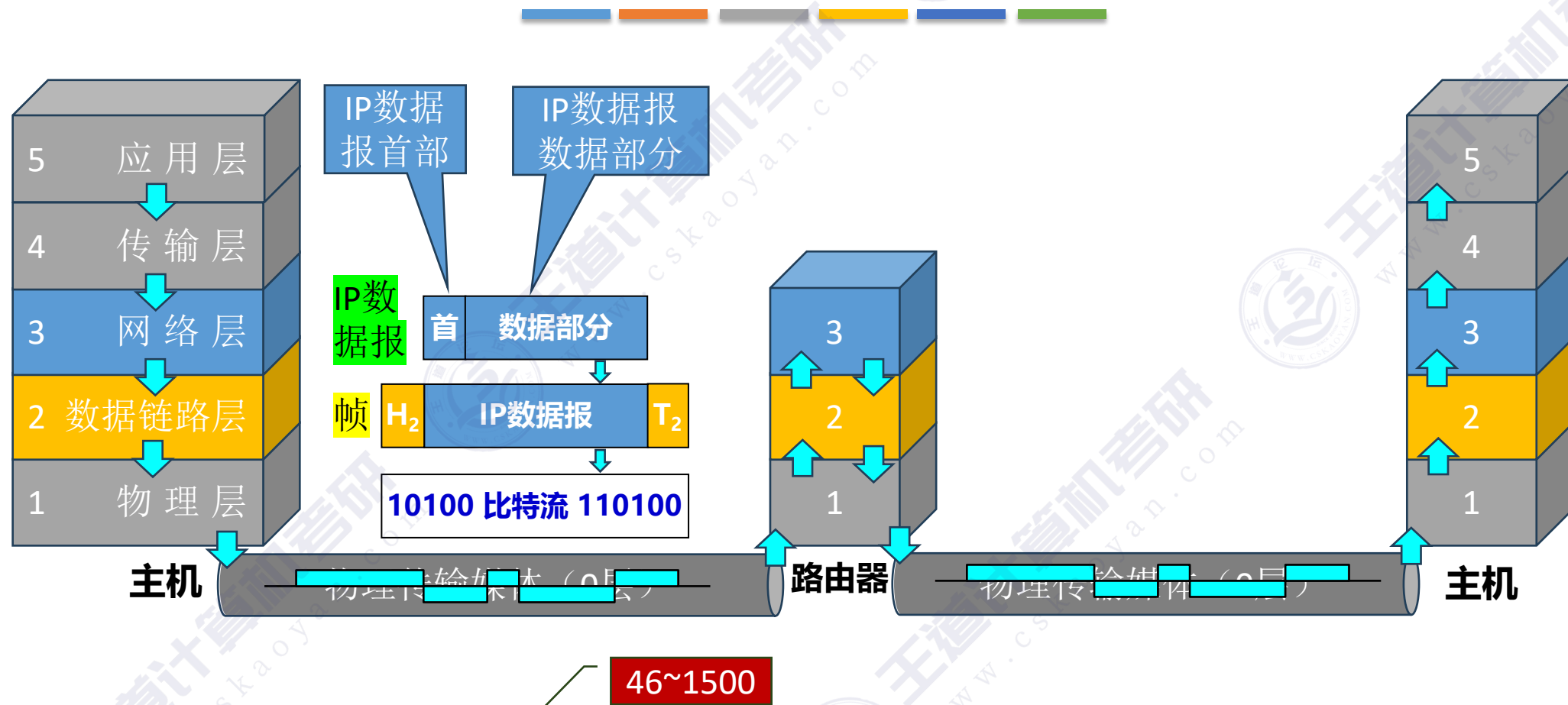
DF=1，表示不允许被分片
DF=0，表示允许被分片



实际传输过程中，“数据部分”的长度受下一段链路的最短/最长帧长限制

eg: 以太网帧有最短帧长、最长帧长限制

IP数据报的“分片”问题

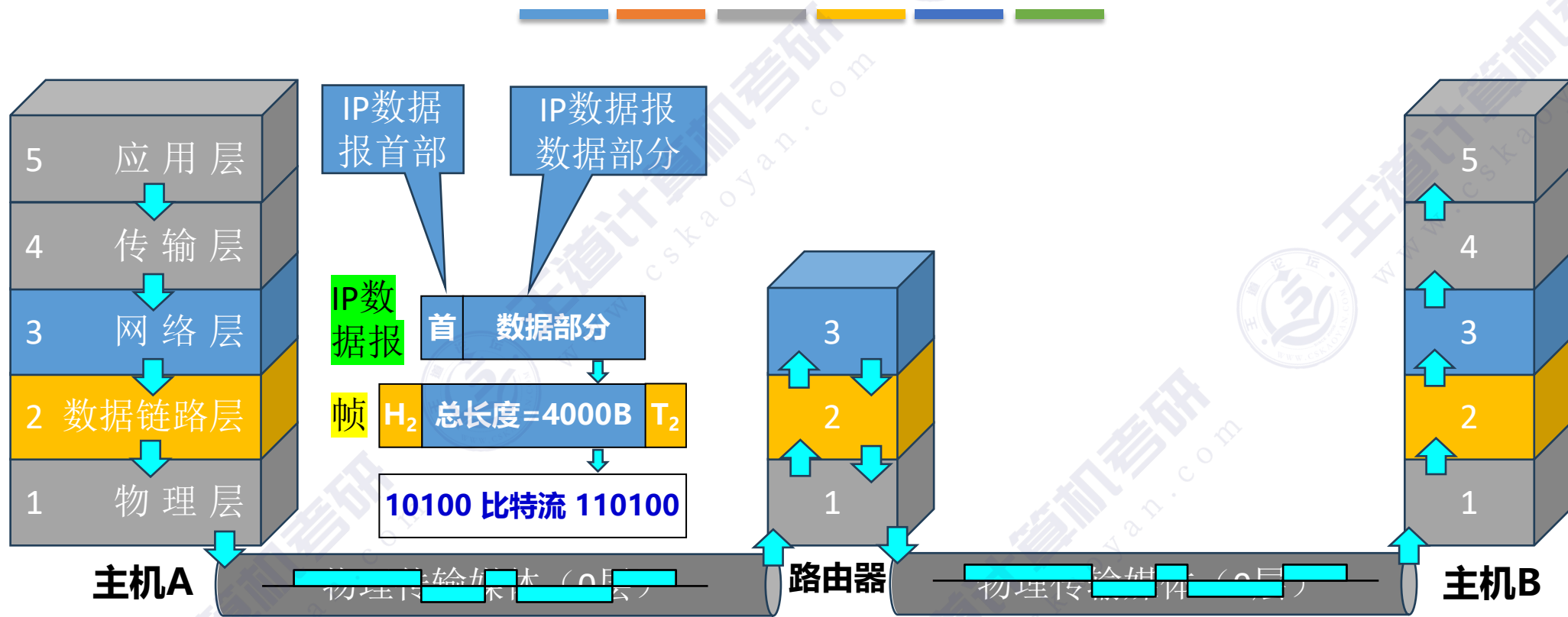


以太网MAC帧记忆口诀：6 6 2 N 4，收发协数验

重要概念：一个链路层数据帧能承载的最大数据量称为最大传送单元（MTU）。如以太网的MTU=1500B

如果一个IP数据报的总长度超出了下一段链路的MTU，就需要分片

IP数据报的“分片”问题



假设：链路1的 MTU=4000

链路2的 MTU=1500

主机A发出的IP数据报为：

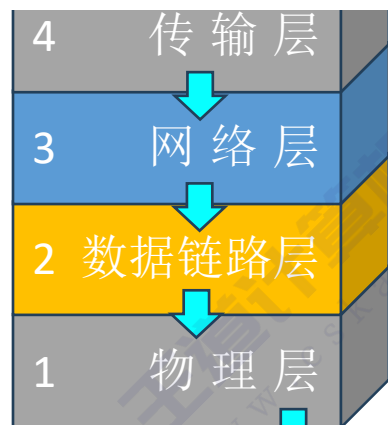
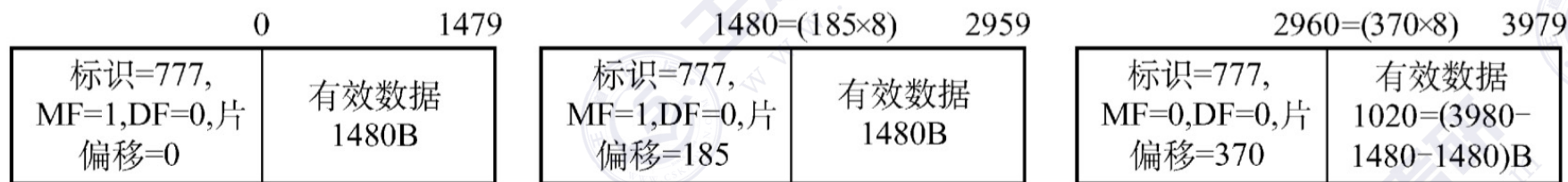
IP首部, 20B	0	3979
标识=777,MF=0,DF=0	有效数据3980B	

IP数据报的“分片”问题

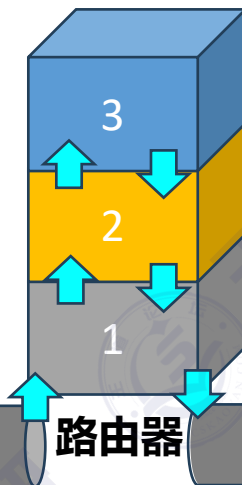
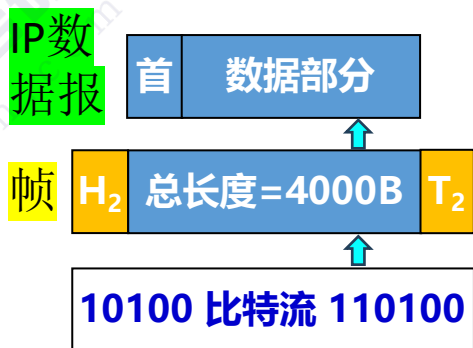


注意：每个分片都是一个可以被单独转发的IP数据报，都包含首部

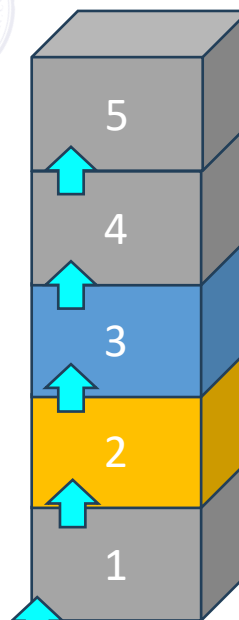
路由器需要将IP数据报分片



主机A



路由器



主机B

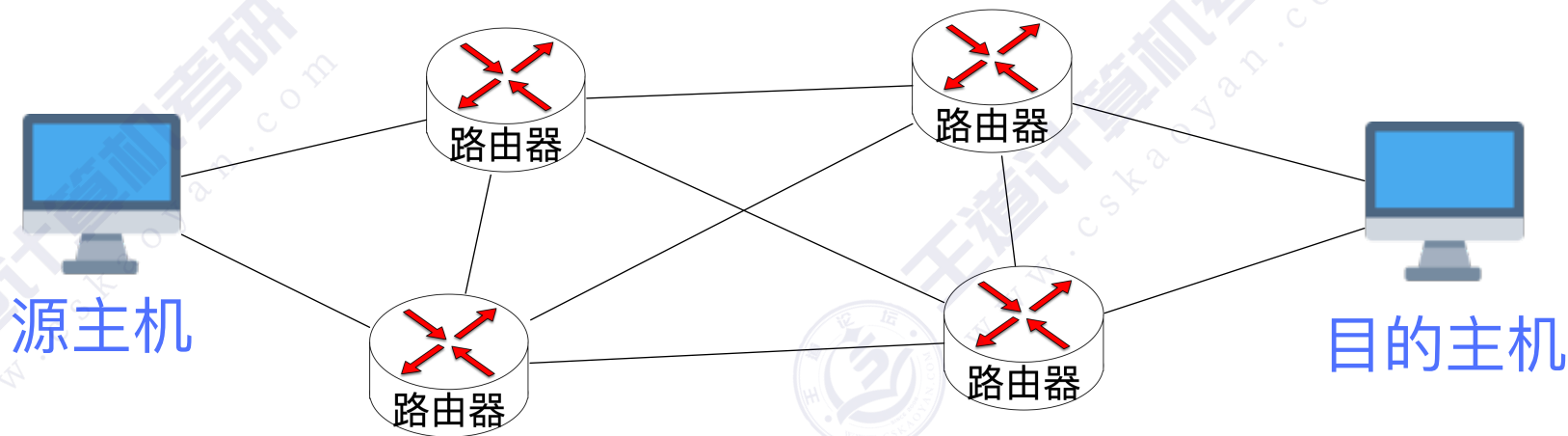
假设：链路1的 MTU=4000

链路2的 MTU=1500

IP数据报的“分片”问题

注意：

- IP数据报的“分片”可能在源主机、或任何一个路由器中发生
- 只有目的主机才会对分片进行“重组”
- 各分片有可能乱序到达目的主机
- 由于首部的“片偏移”字段是以 $\times 8B$ 为单位，因此，除了最后一个分片外，其他每个分片的数据部分必须是8B的整数倍



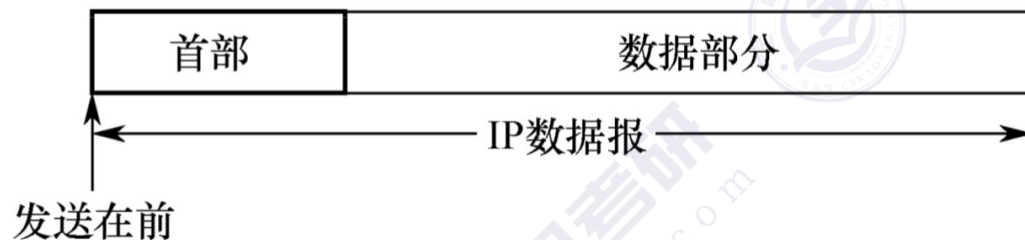
IP数据报（IP分组）的格式

数据报在网络中可通过的路由器数的最大值。常记为“TTL”



TTL的初始值通常由源主机设置。
每经过一个路由器，路由器就将TTL减1，如果TTL减到0，就直接丢弃分组，并向源主机发送ICMP报文

注：ICMP报文用于通知一个节点发生了某种“异常”

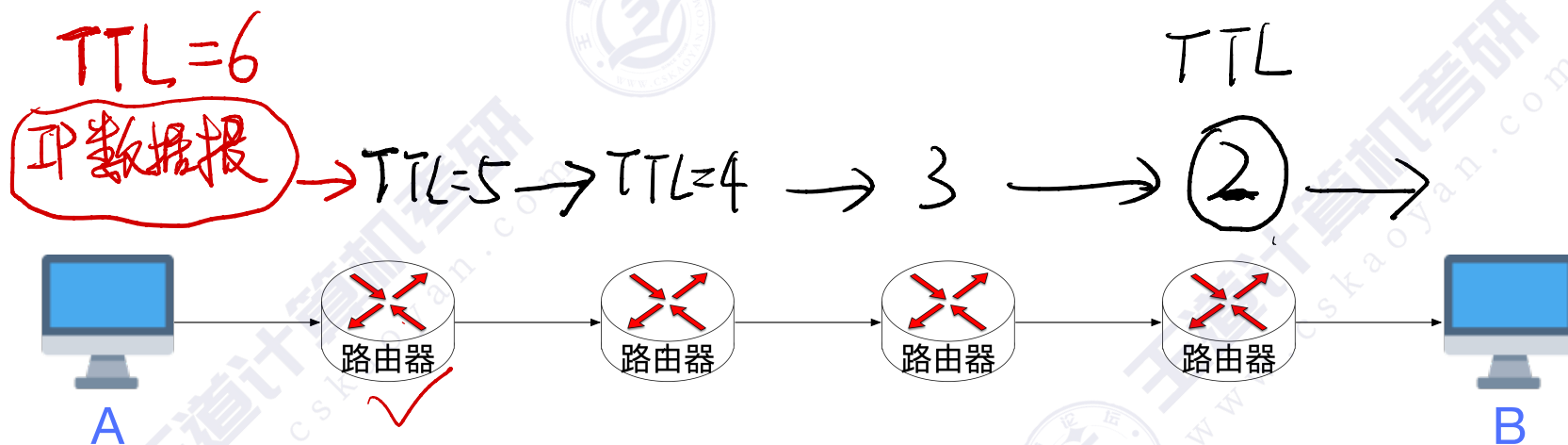


IP数据报的生存时间“TTL”（可达示例）



TTL的初始值通常由源主机设置。
每经过一个路由器，路由器就将TTL减1，如果TTL减到0，就直接丢弃分组，并向源主机发送ICMP报文

注：ICMP报文用于通知一个节点发生了某种“异常”

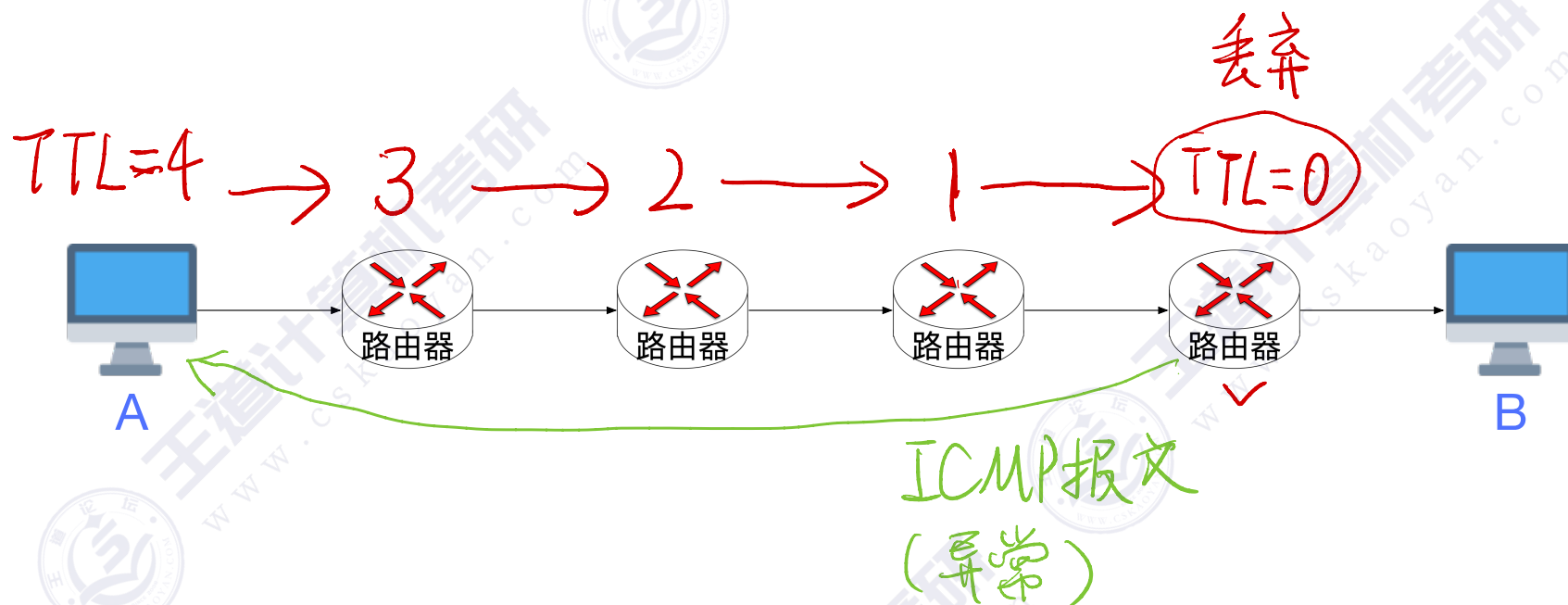


IP数据报的生存时间“TTL”（不可达示例）



TTL的初始值通常由源主机设置。
每经过一个路由器，路由器就将TTL减1，如果TTL减到0，就直接丢弃分组，并向源主机发送ICMP报文

注：ICMP报文用于通知一个节点发生了某种“异常”



IP数据报（IP分组）的格式

数据报在网络中可通过的路由器数的最大值。常记为“TTL”

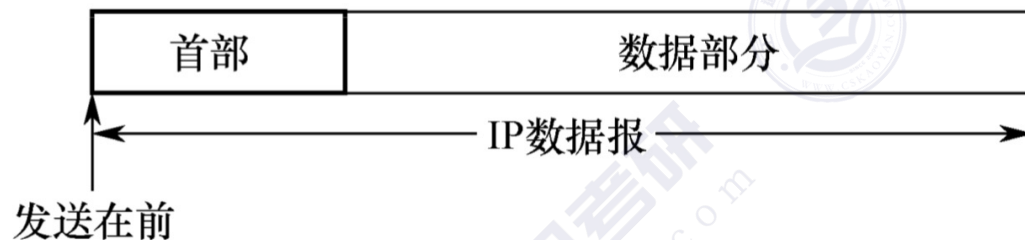
eg:
如果为TCP协议服务, 设为6
如果为UDP协议服务, 设为17

- 每个路由器仅校验首部, 而不校验数据部分
- 如果该字段设为全0, 表示不用校验
- 校验和的计算方法与UDP相同(之后学)



TTL的初始值通常由源主机设置。
每经过一个路由器, 路由器就将TTL减1, 如果TTL减到0, 就直接丢弃分组, 并向源主机发送ICMP报文

注: ICMP报文用于通知一个节点发生了某种“异常”

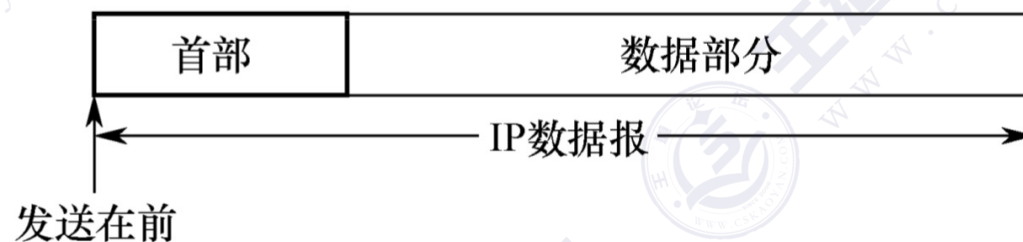


IP数据报（IP分组）的格式



发送方的IP地址

接收方的IP地址



IPv4分组

结构<首部+数据部分>

看王道书的素图回忆各字段的作用

首部固定部分20B，可变部分0~40B

注意3个与“长度”相关的字段：418，首总偏



MTU（最大传送单元）：一个链路层数据帧能承载的最大数据量

如果一个IP数据报的总长度大于下一段链路的MTU，就需要将“数据部分”分片

分片问题

易错：除最后一个分片外，其他每个分片的“数据部分”必须是8B的整数倍

易混

标识 16bit，用于区分每个分片原本属于哪个IP数据报

标记 3bit，关注最低位MF、次低位DF

MF=1，表示后面还有分片

MF=0，表示这是最后一个分片

DF=1，表示不允许被分片

DF=0，表示允许被分片

命题重点

TTL字段

IP分组每经过一个路由器，TTL减1，如果已经减到0，该路由器就丢弃分组，并向源主机发送ICMP报文（通知出现异常）

趁热打铁：课后习题训练



《2025计网王道书》

4.2课后习题

小题：2~4， 6~11， 29， 66