



西北師範大學
NORTHWEST NORMAL UNIVERSITY

计算机网络

第四章 网络层 (2)

陈旺虎

chenwh@nwnu.edu.cn



第4章 网络层

- 4.1 网络层提供的两种服务
- 4.2 网际协议 IP
- 4.3 划分子网和构造超网
- 4.4 网际控制报文协议 ICMP
- 4.5 因特网的路由选择协议
- 4.6 IP 多播
- 4.7 虚拟专用网 VPN 和网络地址转换 NAT

Review

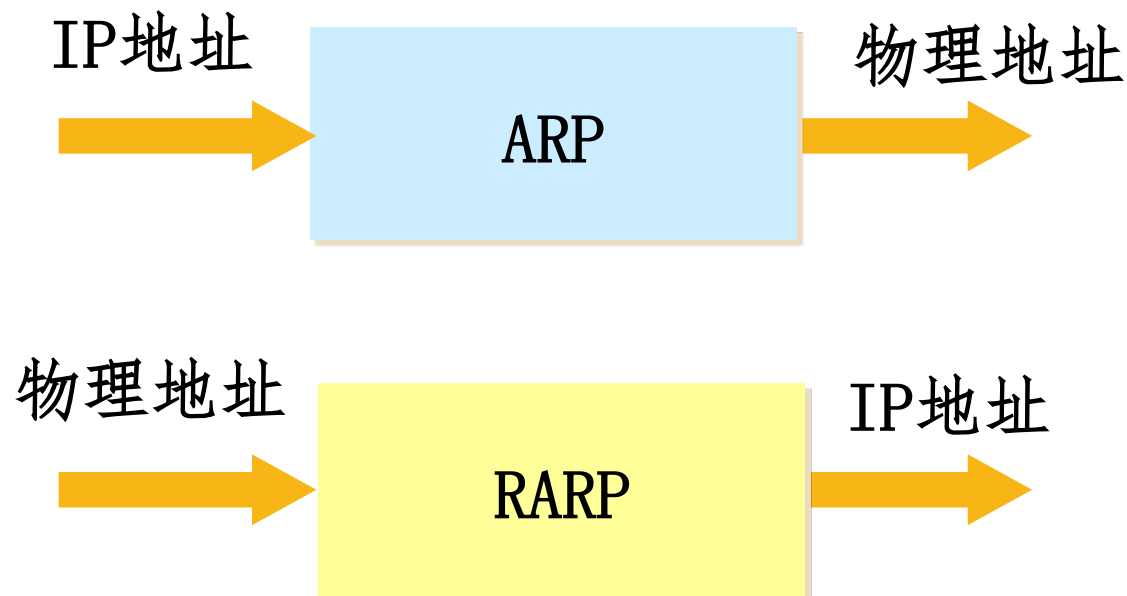


- 虚拟互联网
- 分类IP地址

4.2.4 地址解析协议ARP

逆地址解析协议RARP

- ❑ 在实际网络的链路上传送数据帧时，使用硬件地址。
- ❑ 主机或路由器如何知道应当在MAC帧的首部填入什么样的硬件地址？

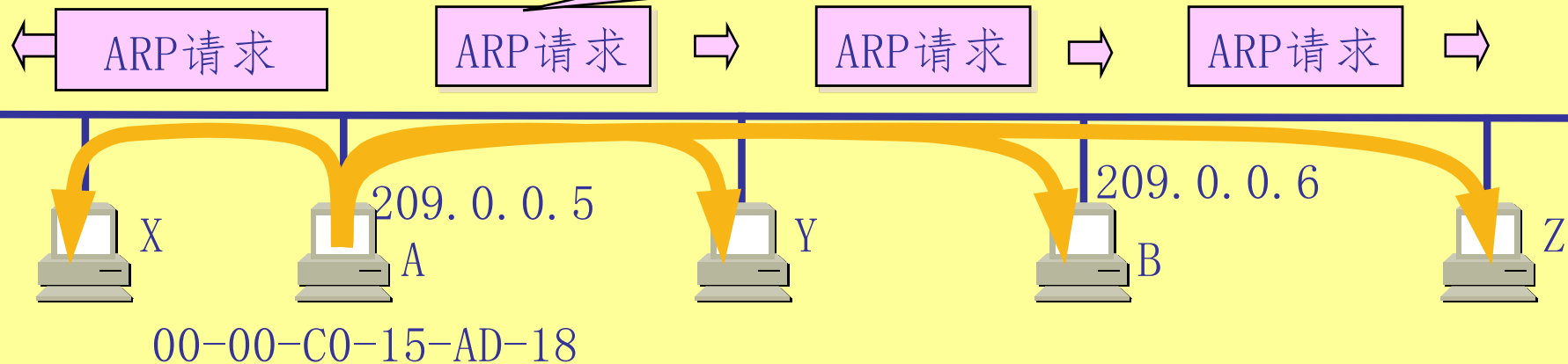


地址解析协议ARP

- ARP 高速缓存(ARP cache)
 - ▣ 每一个主机都设有一个 ARP 高速缓存(ARP cache)
 - ▣ 存储所在局域网上的各主机和路由器的IP地址到硬件地址的映射表。
- 例如：当主机A 欲向本局域网上的主机B发送IP数据报：
 - ▣ 首先，查找其 ARP 高速缓存，如有主机 B 的 IP 地址，则将此硬件地址写入 MAC 帧。
 - ▣ 如果没有查找B主机的IP地址，则A主机自动运行ARP。

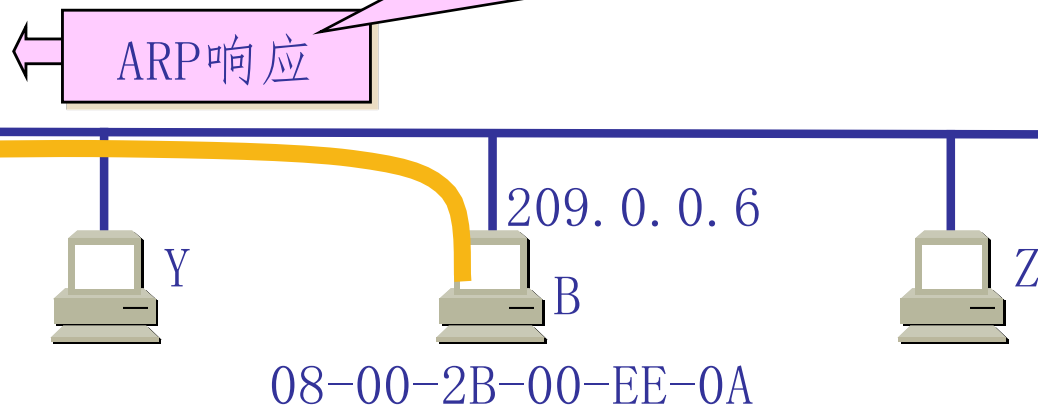
主机A广播发送
ARP请求分组

我是209.0.0.5，硬件地址是 00-00-C0-15-AD-18
我想知道主机 209.0.0.6 的硬件地址



主机B向A发送
ARP响应分组

我是 209.0.0.6
硬件地址是 08-00-2B-00-EE-0A



ARP高速缓存的作用

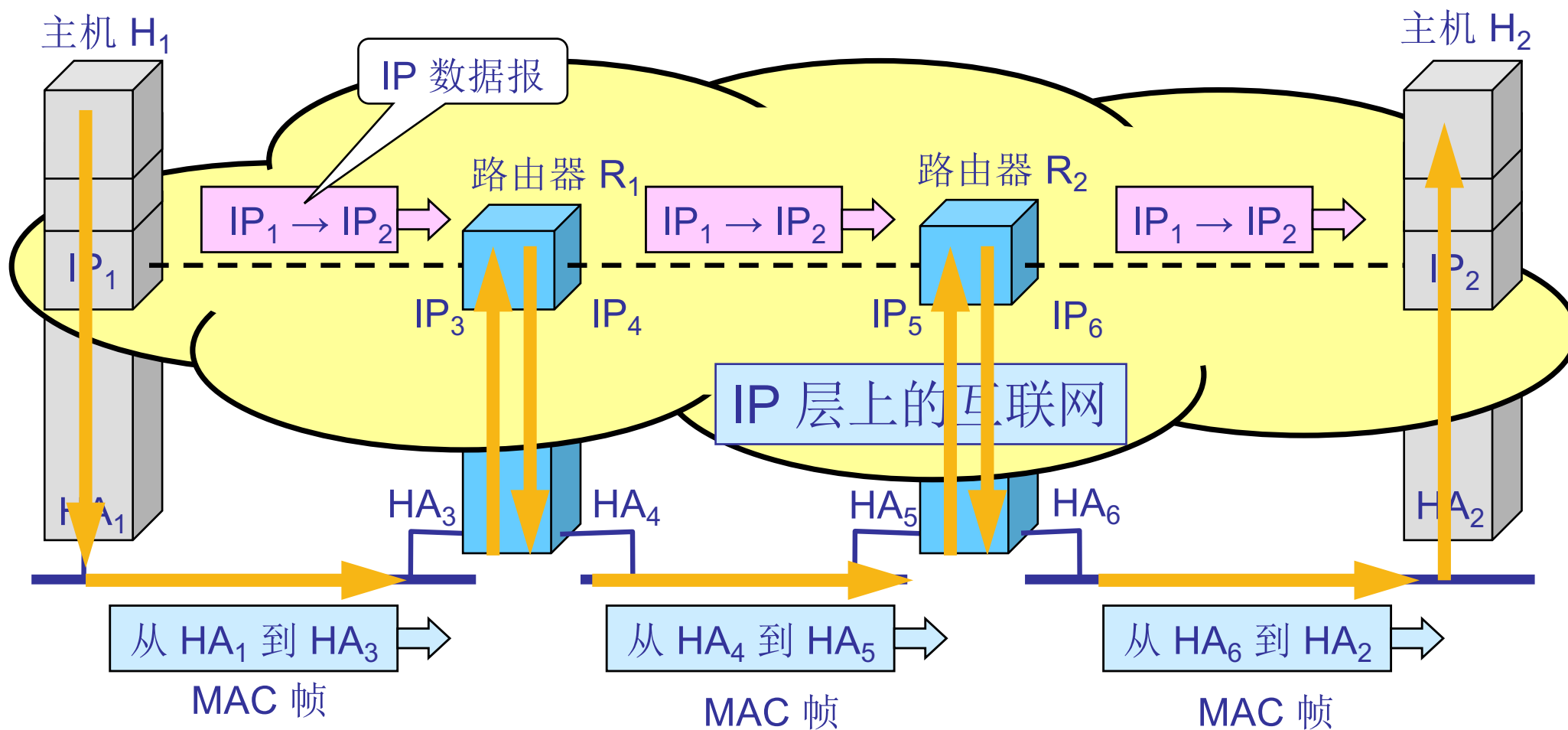
□ 减少网络上的通信量

- ▣ 主机 A 在发送其 ARP 请求分组时，将自己的 IP 地址到硬件地址的映射写入 ARP 请求分组。
- ▣ 当主机 B 收到 A 的 ARP 请求分组时，将主机 A 的这一地址映射写入主机 B 自己的 ARP 高速缓存中。
- ▣ 主机 B 以后向 A 发送数据报时就更方便了。

应当注意的问题

- ARP解决同一个局域网上的主机或路由器的 IP 地址和硬件地址的映射问题。
- 如果所要找的主机和源主机不在同一个局域网上的？
- 四种典型使用情况：
 - ▣ 发送方是主机，发往本网络或者另一网络的主机
 - ▣ 发送方是路由器，发往本网络或者另一网络的主机

从协议栈的层次上看数据的流动



应当注意的问题



- 从IP地址到硬件地址的解析是自动进行的，该过程对主机的用户是透明的。
- ARP请求分组是广播发送的，ARP 响应分组是单播1对1的

直接使用硬件地址进行通信？

- 网络的异构性使得该方法不可行

- ▣ 存在各种类型的网络，所使用的硬件地址存在差异，需要进行非常复杂的硬件地址转换工作。

- IP层的特点

- ▣ 主机均使用 IP 地址，使得因特网上的主机之间的通信就像连接在同一个网络上那样简单方便
 - ▣ 而调用 ARP 来获取路由器或主机的硬件地址对用户是透明的

ARP 消息格式

硬件地址类型(0001)		协议地址类型(0800)
硬件地址长度	协议地址长度	操作符 (请求包0001, 应答包0002)
发送方硬件地址 (前4个字节)		
发送方硬件地址 (后2)		发送方协议地址 (前2)
发送方协议地址 (后2)		接收方硬件地址 (前2)
接收方硬件地址 (后4)		
接收方协议地址		

说明

- 每台主机都要维护一个IP地址到MAC的转换表，称为ARP表。其中存放着最近用到的一系列跟它通信的同一子网的计算机的IP地址和MAC地址的映射。
- 在主机初始启动时，ARP表为空。
- ARP表的内容是定期更新的，如果一条ARP项很久没有使用了，则它将被从ARP表中删除掉。
- ARP不是IP协议的一部分，直接放在以太网帧的数据部分进行发送。

源地址	目标地址	帧类型 (0806)	完整的ARP消息
-----	------	---------------	----------

逆地址解析协议 RARP

- 作用：使只知道自己硬件地址的主机，能够知道自己的IP 地址。
 - ▣ 为什么会出现这种情况？IP的存放位置？
 - ▣ 无盘工作站。因此， RARP协议目前已很少使用。
- 报文格式
 - ▣ 与ARP报文的格式几乎一样。
 - ▣ 差别：
 - RARP请求包中是由发送者填充好源端MAC地址，而源端IP地址域为空。
 - 在同一个子网上的**RARP服务器**接收到请求后，填入相应的IP地址，然后发送回给源工作站。

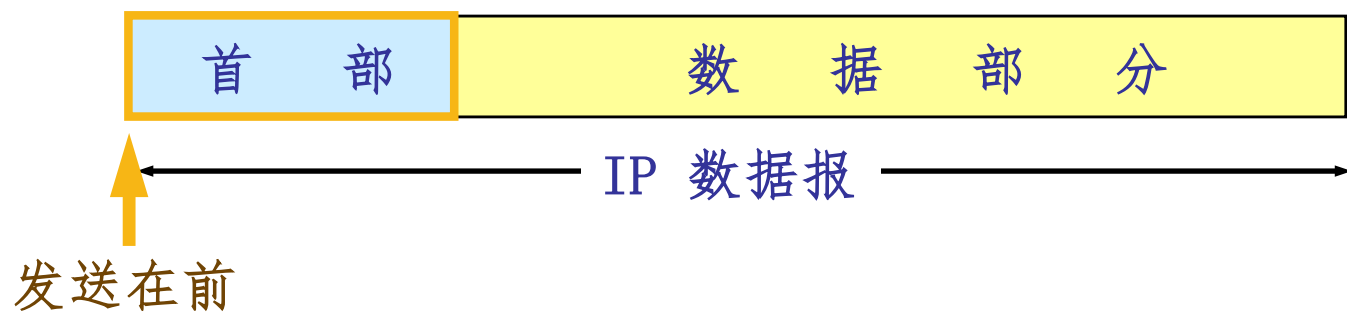
4.2.5 IP数据报的格式

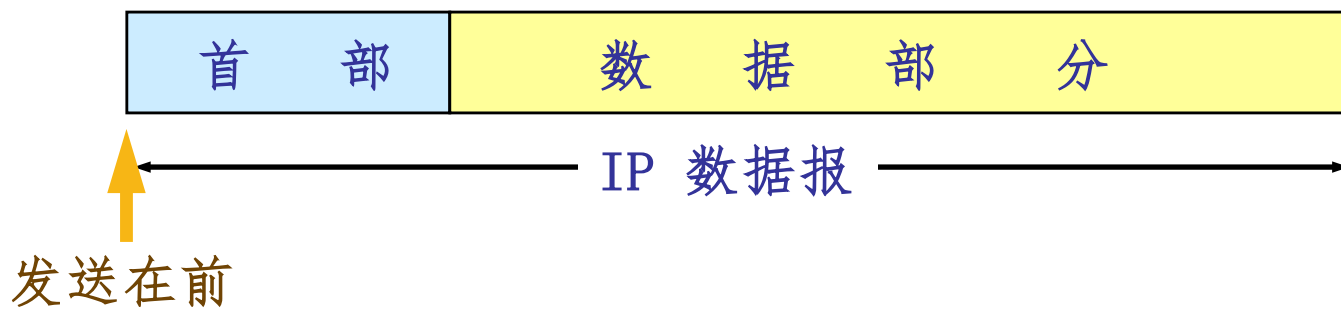
□ IP协议定位

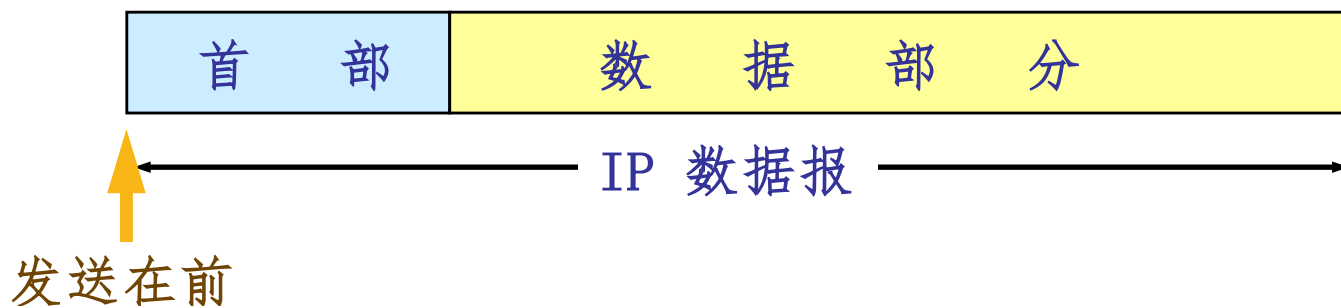
- 提供一种无连接的、不可靠的、尽力发送的服务，把数据从源端发送到目的端。

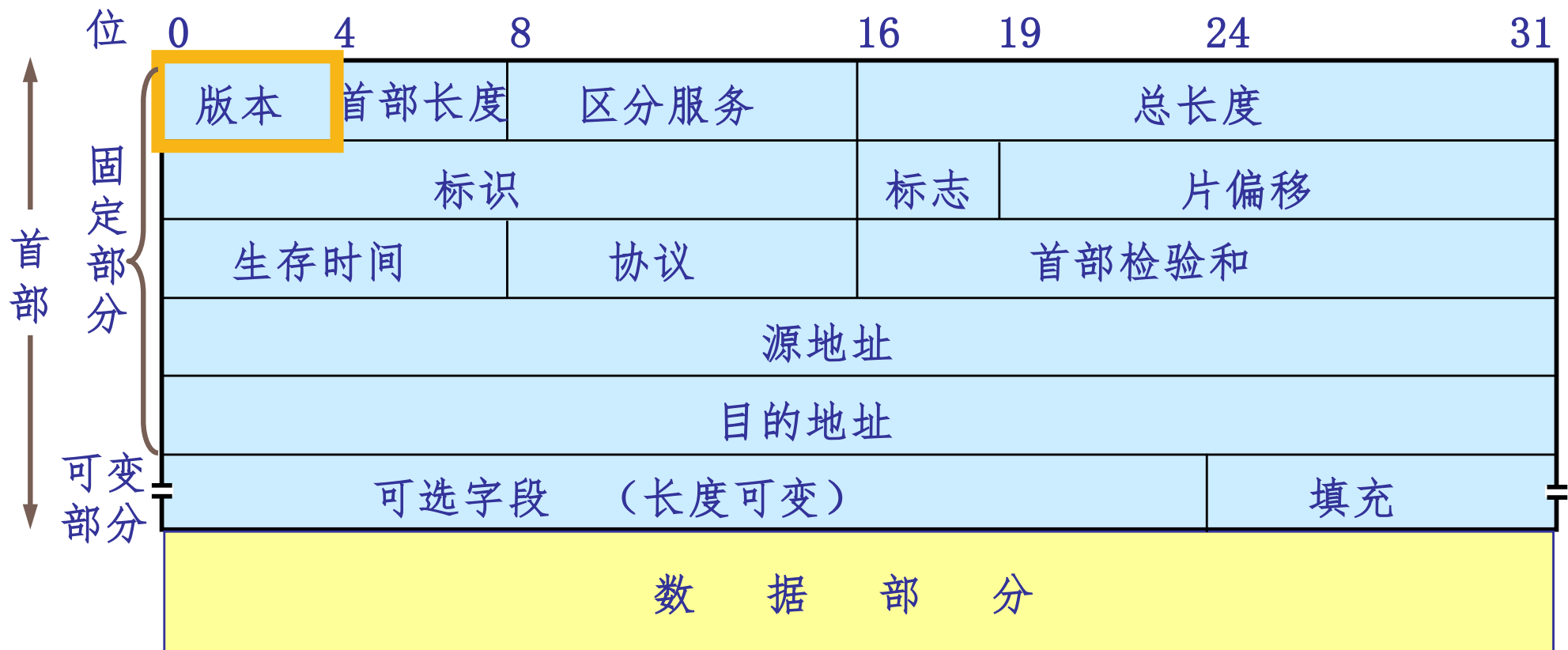
□ IP数据报

- 是IP协议的基本处理单元，一个IP数据报由首部和数据两部分组成。
- 首部的前一部分是**固定**长度，共20字节，是所有IP数据报必须具有的。
- 在首部的固定部分的后面是一些**可选**字段，长度可变

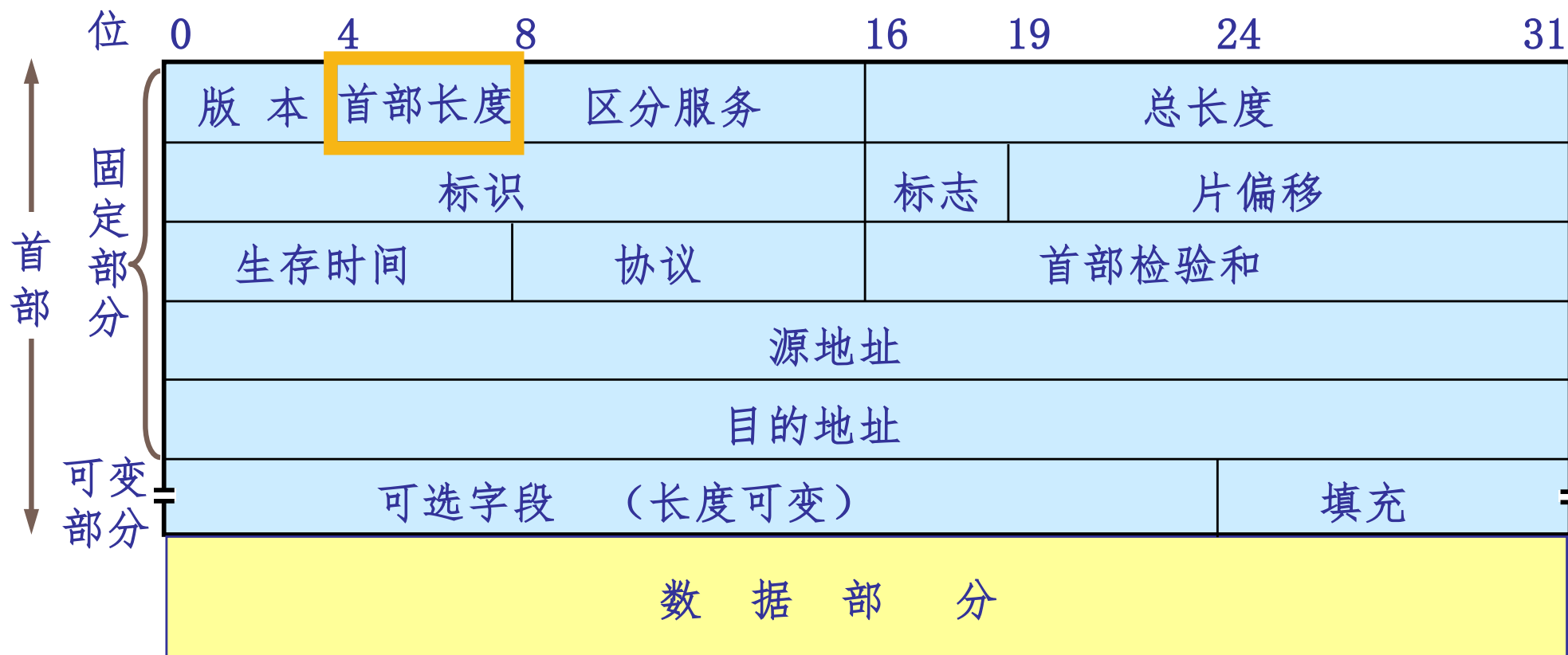








版本：占 4 位，指 IP 协议的版本；目前为 4 (即 IPv4)



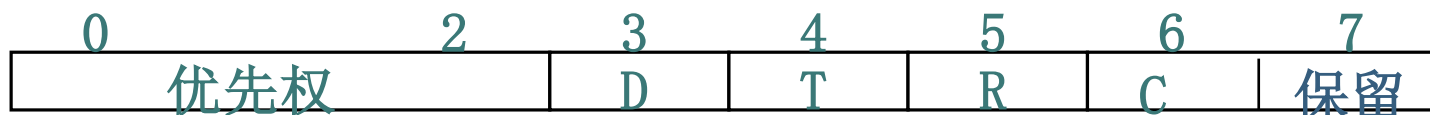
首部长度的：占 4 位，最大可表示15 个单位(一个单位为 4 字节)；因此，IP 的首部长度的最大值是 60 字节。



- 区分服务：占 8 位，用来获得更好的服务。在旧标准中叫做服务类型，但实际上一直未被使用过。
- 1998 年改名为区分服务。只有在使用区分服务 (DiffServ) 时，这个字段才起作用，一般的情况下，不使用这个字段。

区分服务

- 规定了对于本数据报的处理方式，该字段总共为1个字节，被分为5个子域。



- 优先权**：共3比特，指示本报文的重要程度；
 - 取值范围为0到7，**值越大，表示优先级越高**。
 - 0表示一般优先级，而7表示网络控制优先级。
- 传输类型**：D，T，R，C四位
 - D表示延迟(delay)，T表示吞吐率(throughput)，R表示可靠性(reliability)，C表示费用(cost)。
 - D，T，R，C**只能有一个被设置为1**，否则路由器将无法正确地进行处理。

说明

- 例如：当前的会话为文件传输，如果这D，T，R，C设置为0010
 - ▣ 在传输过程中需要高可靠性，而对延迟或吞吐率或费用不做要求。
- 注意
 - ▣ 互连网并不能保证一定满足上述传输要求，而是把这种要求作为路由选择时的参考。（Why？）
 - ▣ 假如路由器知道去往目的网络有多条路径，则可根据四个标志位来选择一条最合适的路由。



□ **总长度**：占 16 位，**首部和数据长度之和**，单位为字节；因此，数据报的最大长度为 65535 字节。

□ **问题**：IP数据报的总长度不能超过数据链路层帧的MTU（以太网中IP数据报最大长度为1500字节，MAC帧不超过1518）。

□ **大的数据报如何传输？**

数据报的分片和重组

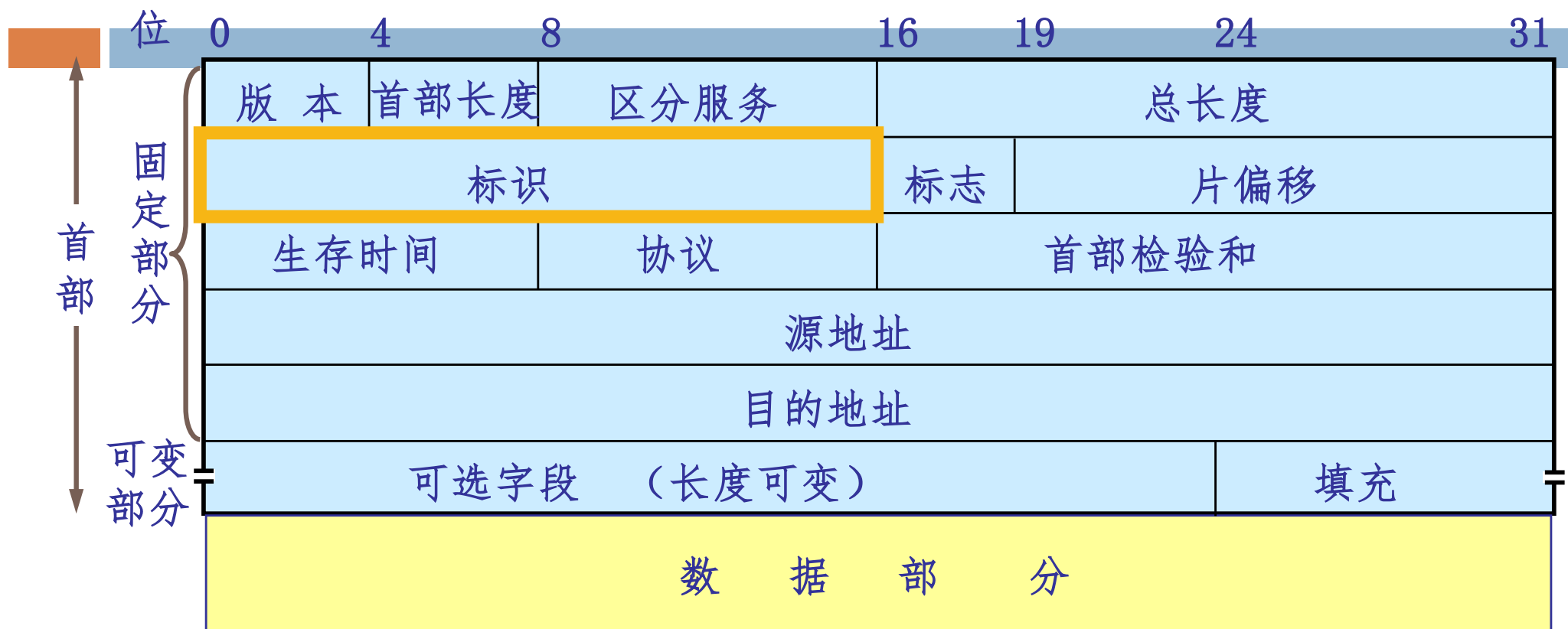
□ 封装(encapsulation)

- IP数据报要放在MAC帧中再进行传输。
- 一般来说，在传输的过程中要跨越若干个不同的物理网络，所容许的最大帧长度不同。

□ 分段机制

- 把一个大的IP报文，分成若干个小的分片进行传输，到达目的地时再重新组合还原成报文。
- 分片(fragment)可以在任何必要的中间路由器上进行
- 重组仅在目的主机处进行。

□ 在IP数据包头部中：标识、标志、段偏移



- ❑ 标识(Identification)：占 16 位，它是一个计数器，用来产生数据报的标识，每产生一个数据报计数器加1
- ❑ **属于同一个报文的分片具有相同的标识**
 - ❑ 当数据报长度超过MTU，需要分片时，该标识被复制到各分片的标识字段中，以便分片后的报文能被重装成原报文



□ 标志(flag)：占 3 位。



More Fragment
Don't Fragment
保留位

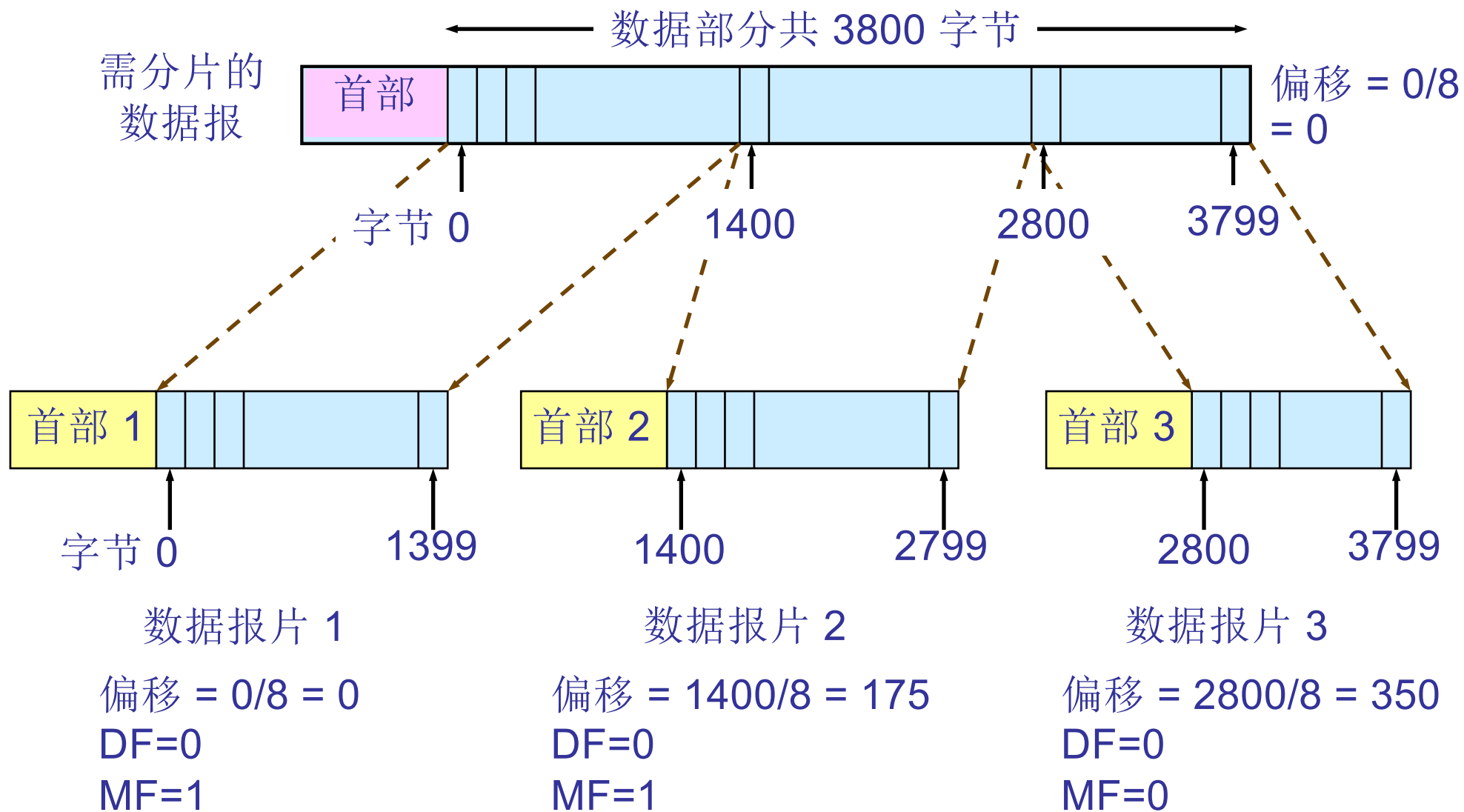
□ MF=1：后面“还有分片”；
MF=0：最后一个分片

□ DF=0：允许分片；DF=1，该报文不能被分片，此时，若IP数据报的长度大于网络的MTU值，则该报文被丢弃，同时向源端报错



- 片偏移：12 位，分片后，某个分片在原报文中**相对于用户数据字段的相对位置**；
- 片偏移以 8 个字节为偏移单位；

【例】 IP 数据报分片

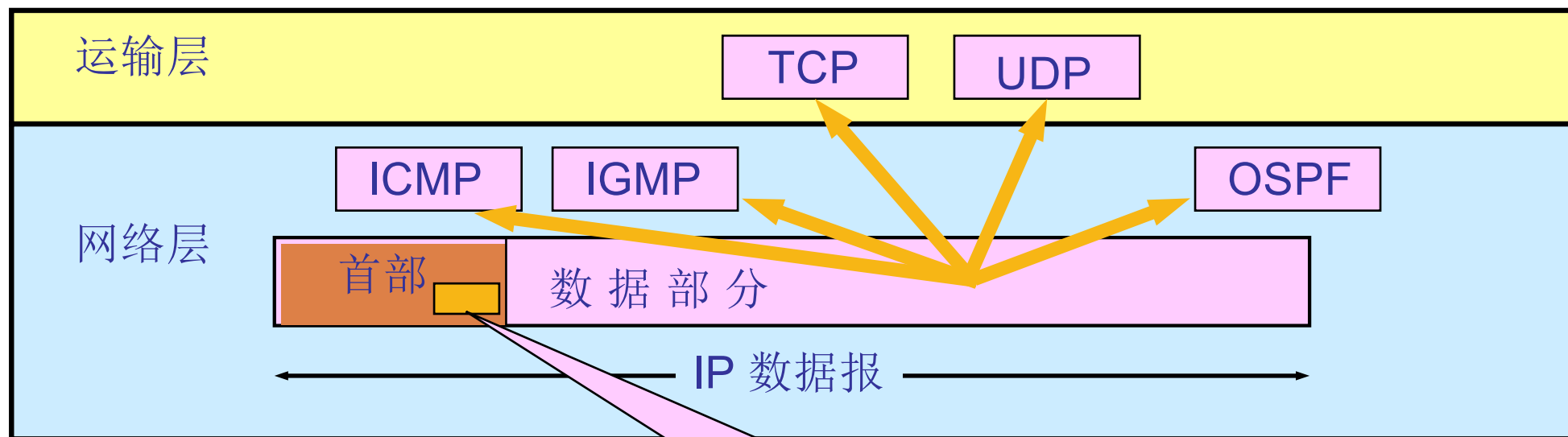




- 生存时间：8 位，记为 TTL (Time To Live)
- 现在，TTL表示数据报在网络中可通过的路由器数的最大值。其单位不再是秒，而是跳数。



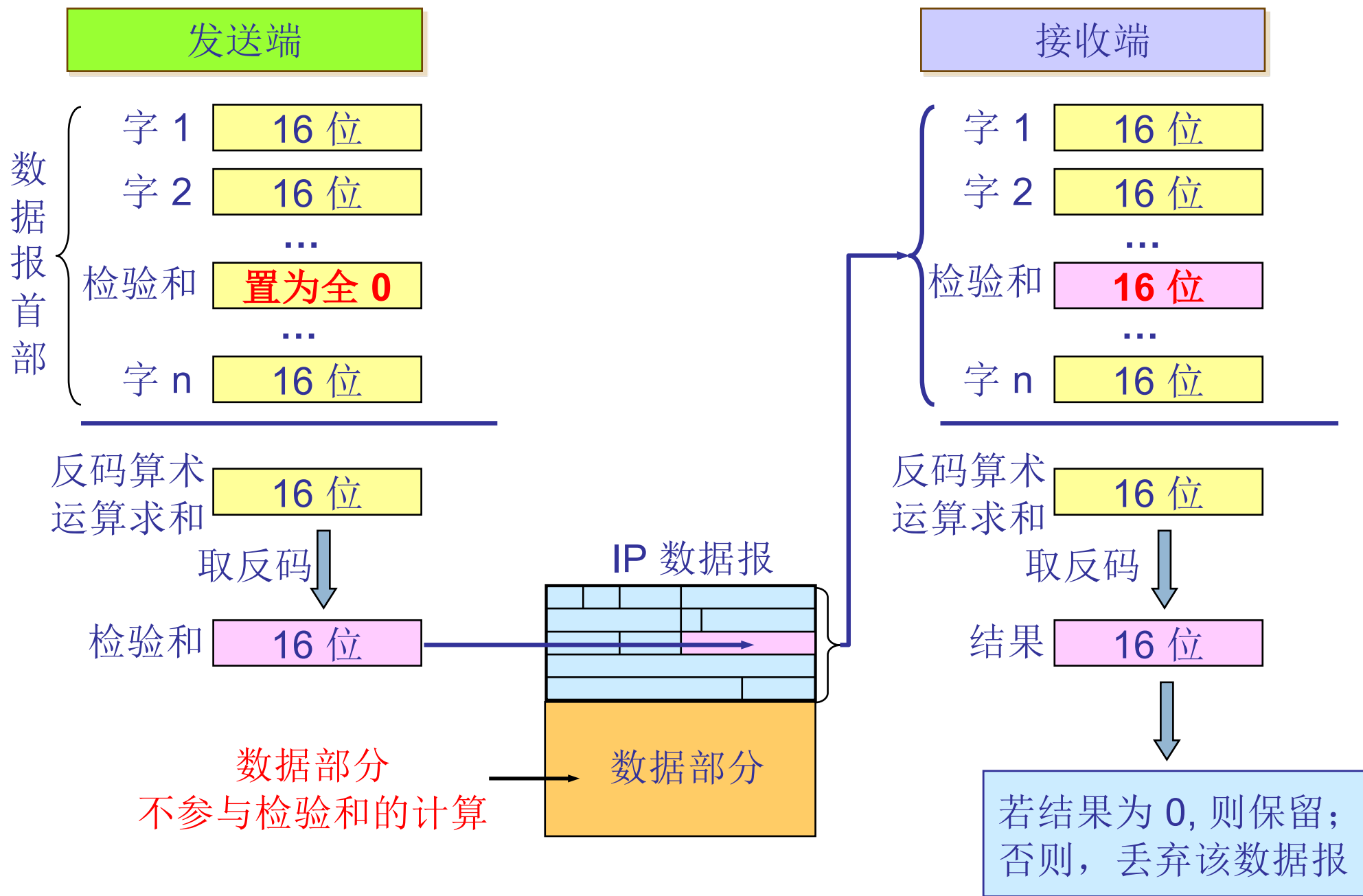
- 协议：8 位，指出此数据报携带的数据使用何种协议，以便目的主机的 IP 层将数据部分上交给适当的处理进程

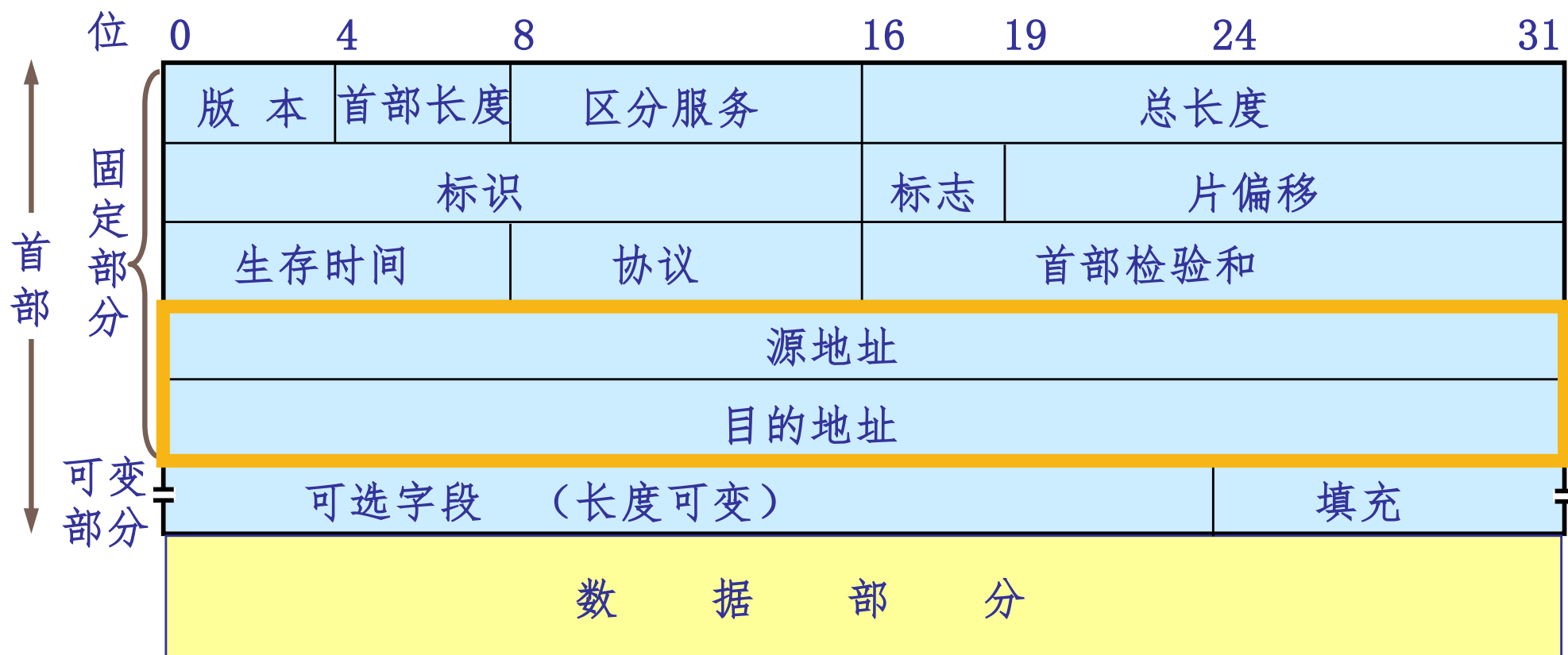


协议字段指出应将数据部分交给哪一个进程



- 首部检验和：16 位，只检验数据报的首部，不检验数据部分，以减少路由转发过程中，每个路由器的检验工作量
- 不采用 CRC 检验码，而采用更简单的计算方法





2. IP数据报首部的可变部分

□ IP 首部的可变部分

- ▣ 选项字段，用来支持排错、测量以及安全等措施
- ▣ 长度可变，从 1 个字节到 40 个字节不等，取决于所选择的项目。

□ 增加首部的可变部分的目的

- ▣ 增加IP 数据报的功能

□ 可变首部使得路由器处理数据报的开销增大。

□ 实际上这些选项很少被使用。



谢谢！