



河海大学 计算机与信息学院

计算机专业课程

# 计算机网络

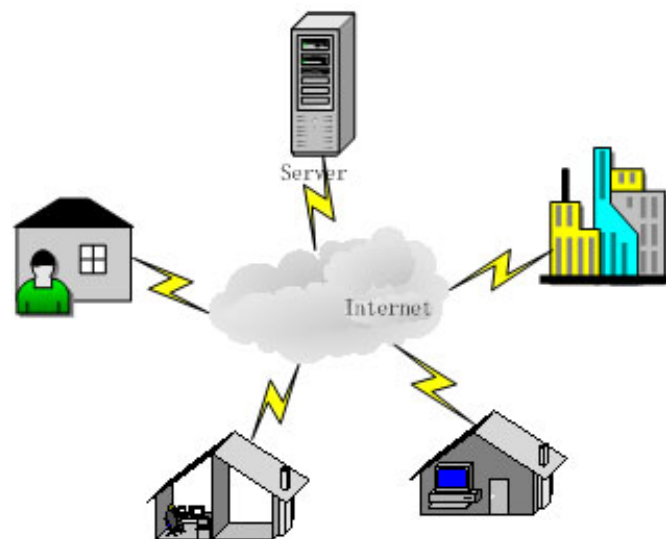
河海大学计算机与信息学院

2019年4月24日星期三



## 计算机专业课程

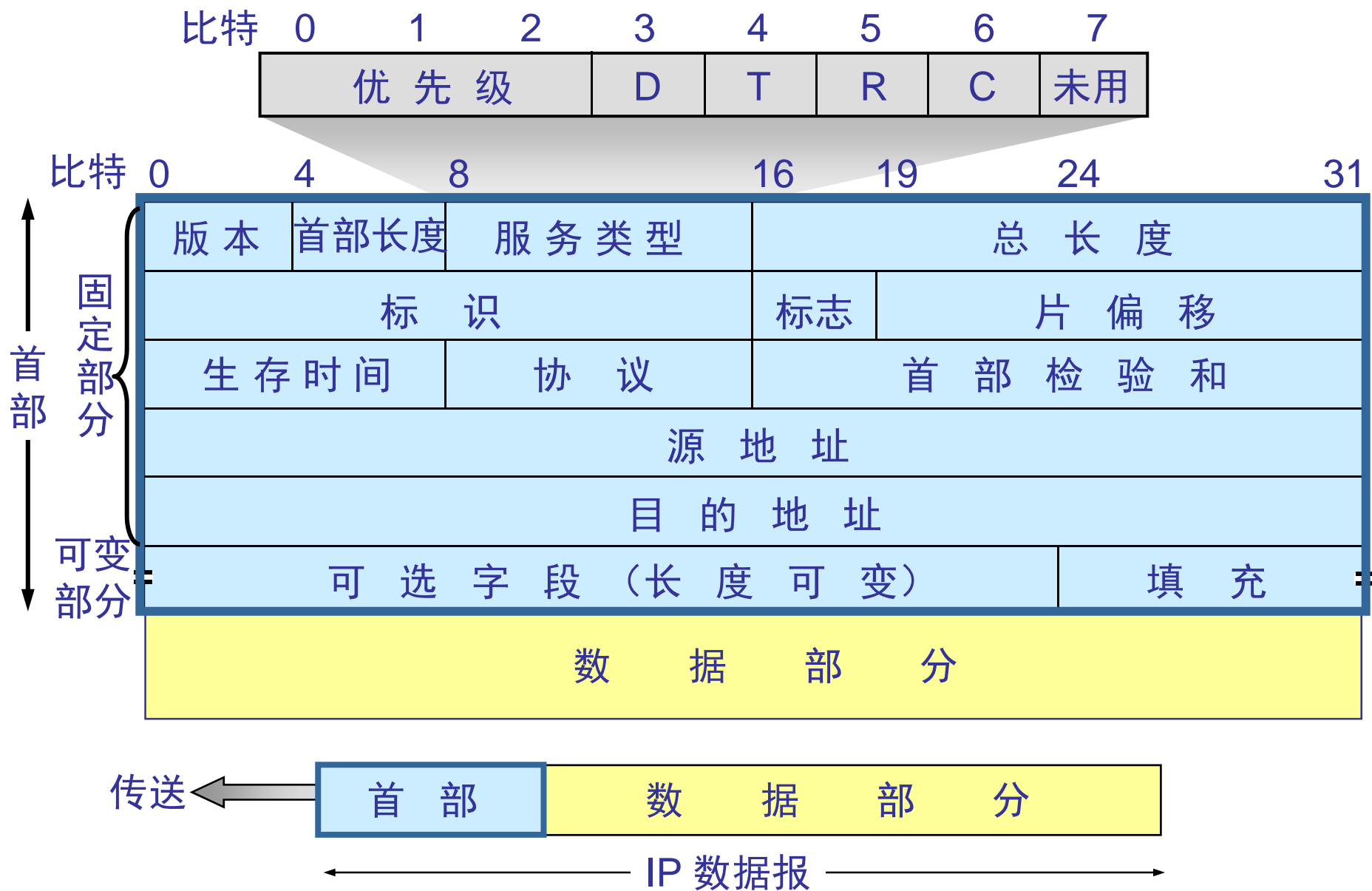
- 第1章 网络概述
- 第2章 网络体系结构
- 第3章 物理层
- 第4章 数据链路层
- 第5章 局域网
- 第6章 网络层**
- 第7章 传输层
- 第8章 应用层
- 第9章 网络管理和安全

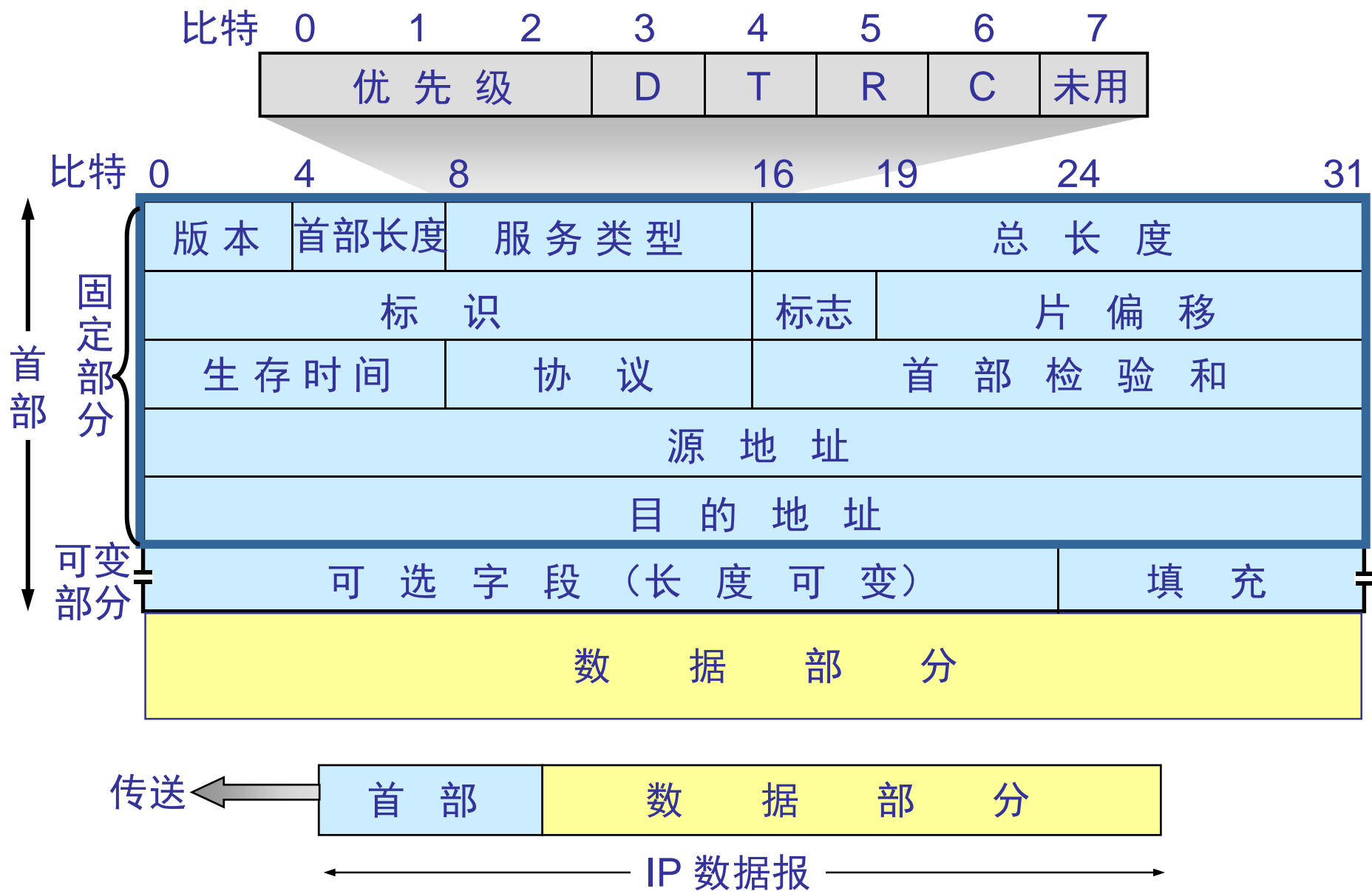


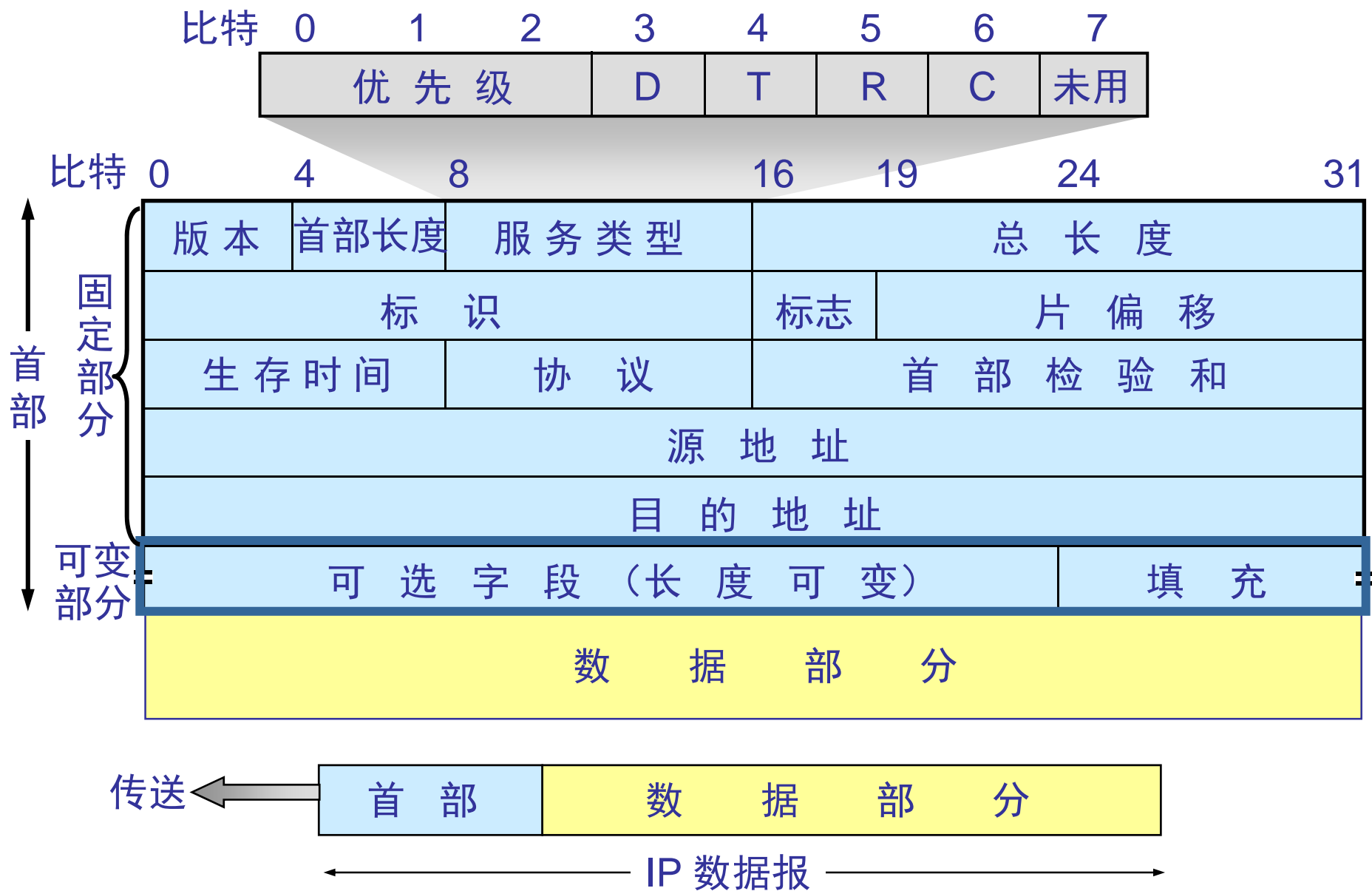


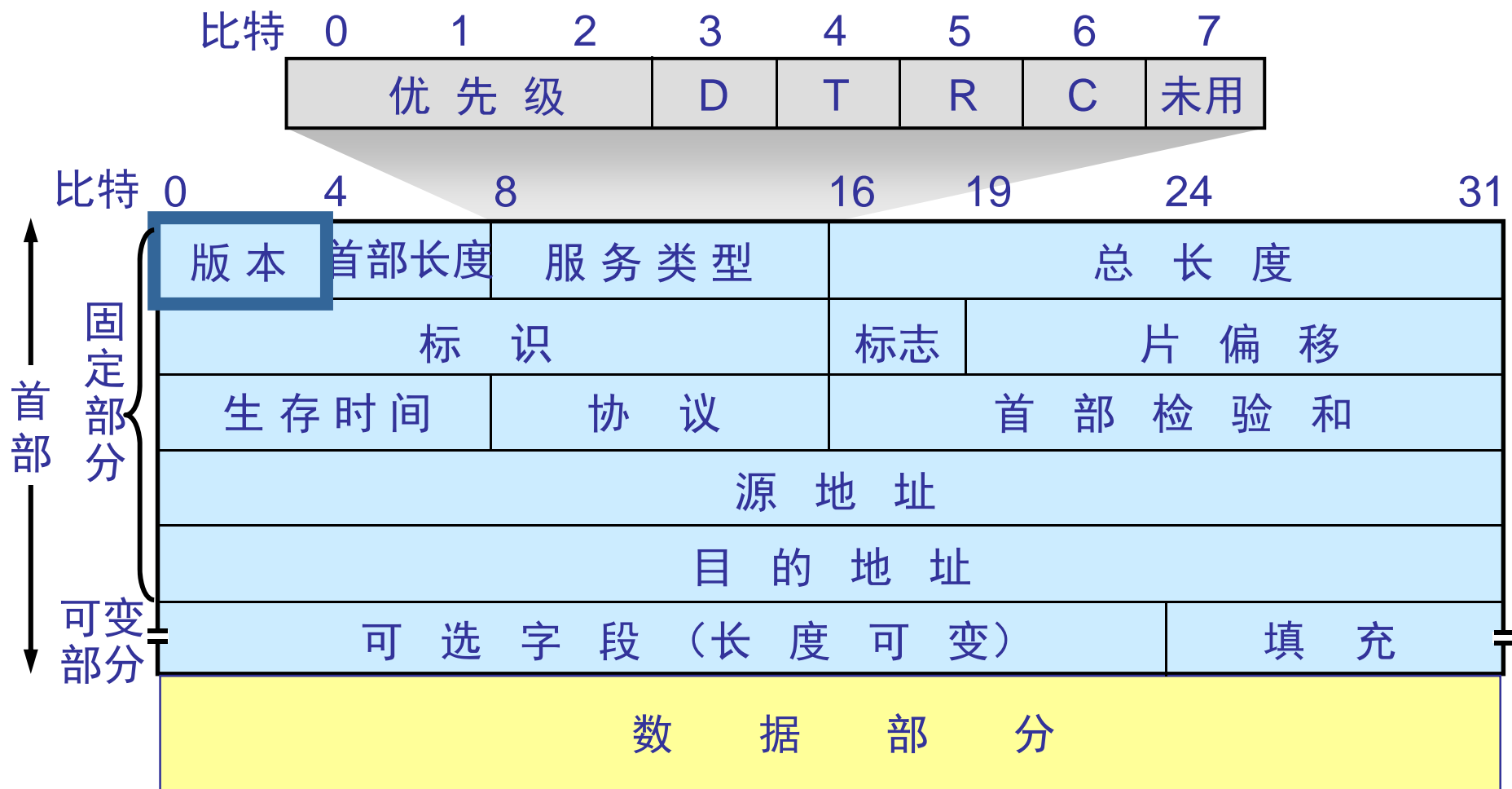
## IP 数据报的格式

- 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，其长度是可变的。

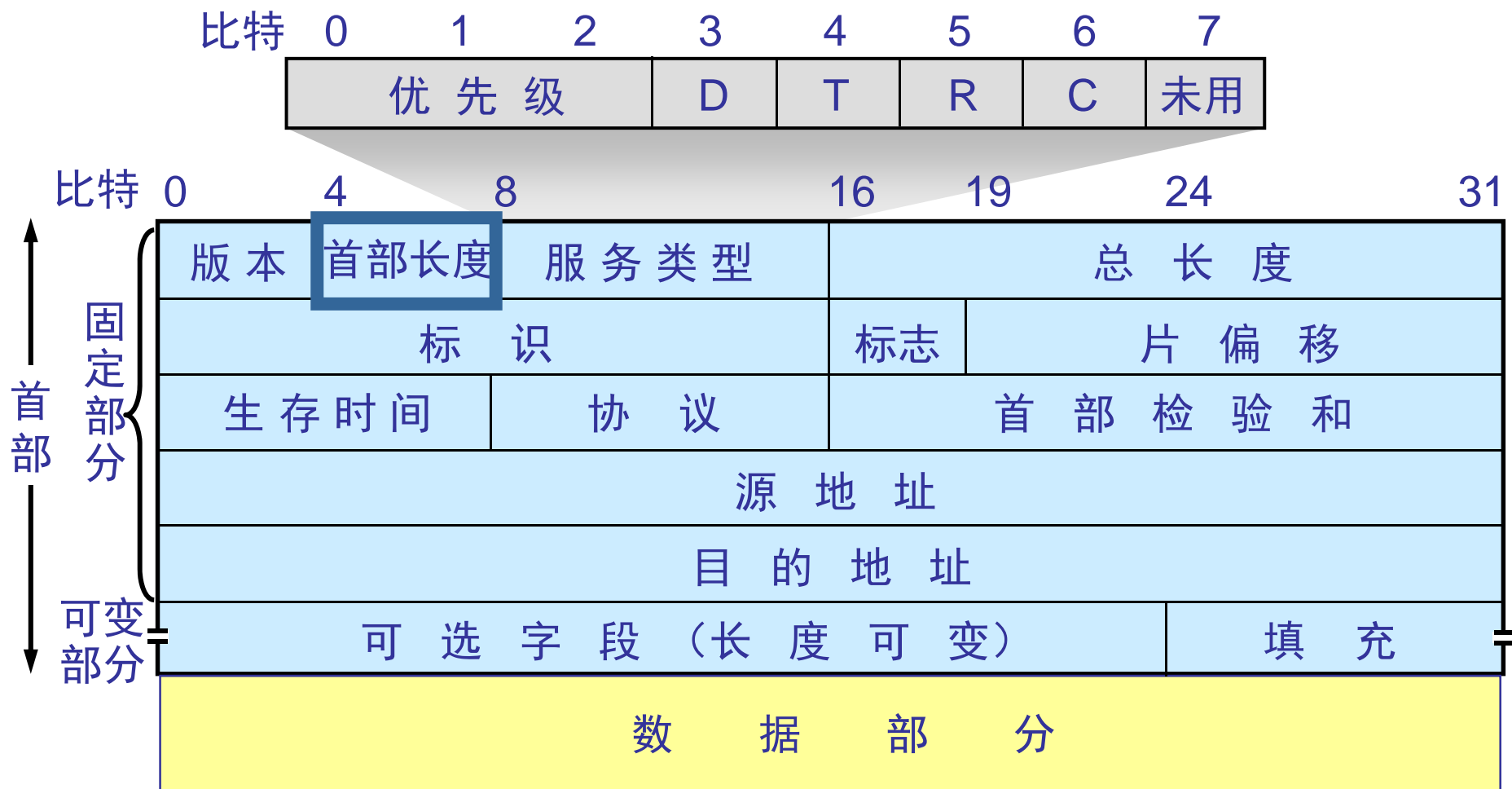






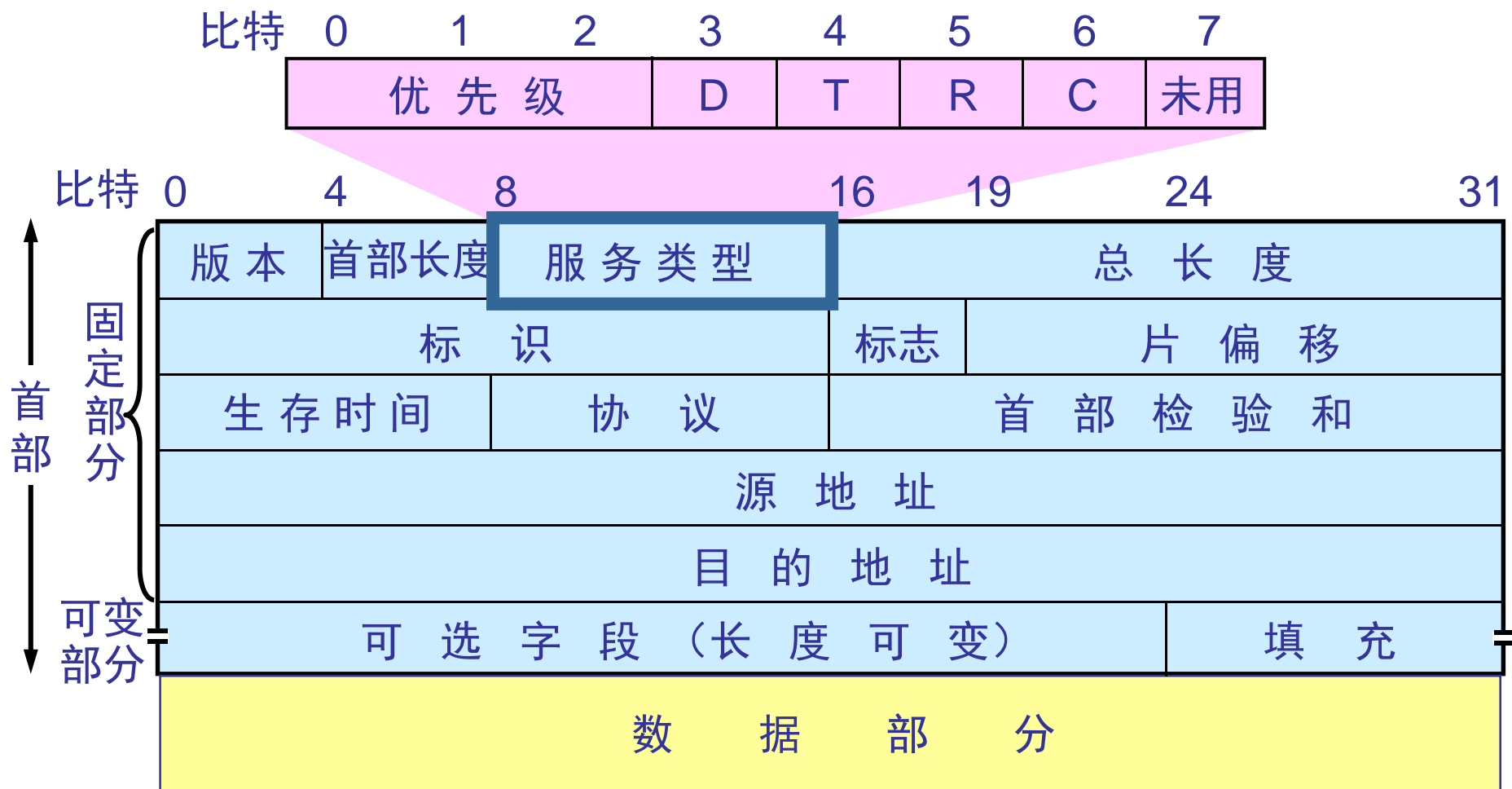


版本——占 4 bit，指IP协议的版本  
目前的 IP 协议版本号为 4 (即 IPv4)



首部长度——占 4 bit，可表示的最大数值是 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。

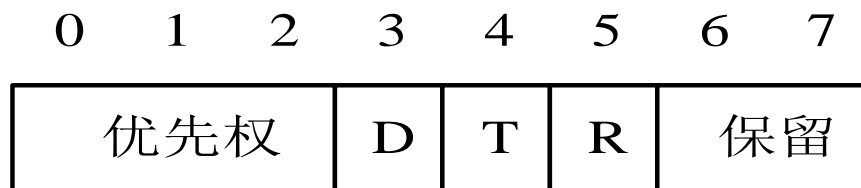




服务类型——占 8 bit，用来获得更好的服务  
这个字段以前一直没有被人们使用



- (1) 优先权：占0~2位，这3位二进制数表示的数据范围为000~111 (0~7)。
- (2) 短延迟位D(Delay)：该位被置1时，数据报请求以短延时信道传输，0表示正常延时。
- (3) 高吞吐量位T(Throughput)：该位被置1时，数据报请求以高吞吐量信道传输，0表示普通。
- (4) 高可靠性位R(Reliability)：该位被置1时，数据报请求以高可靠性信道传输，0表示普通。
- (5) 保留位：第6和第7位，目前未用，但需置0。应注意在有些实现中，可以使用第6位表示低成本。

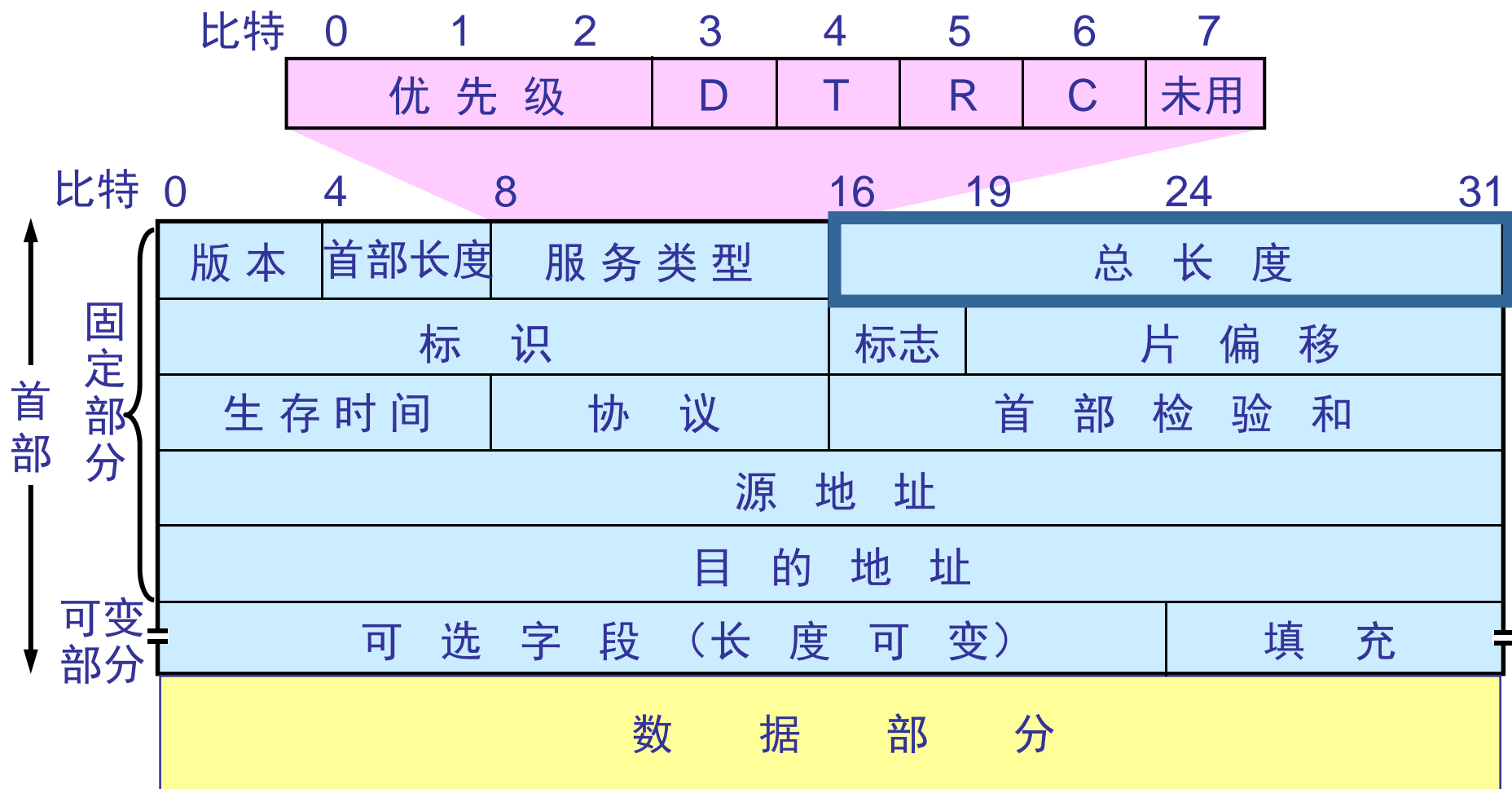


## 服务类型子域结构



## TOS建议使用数值

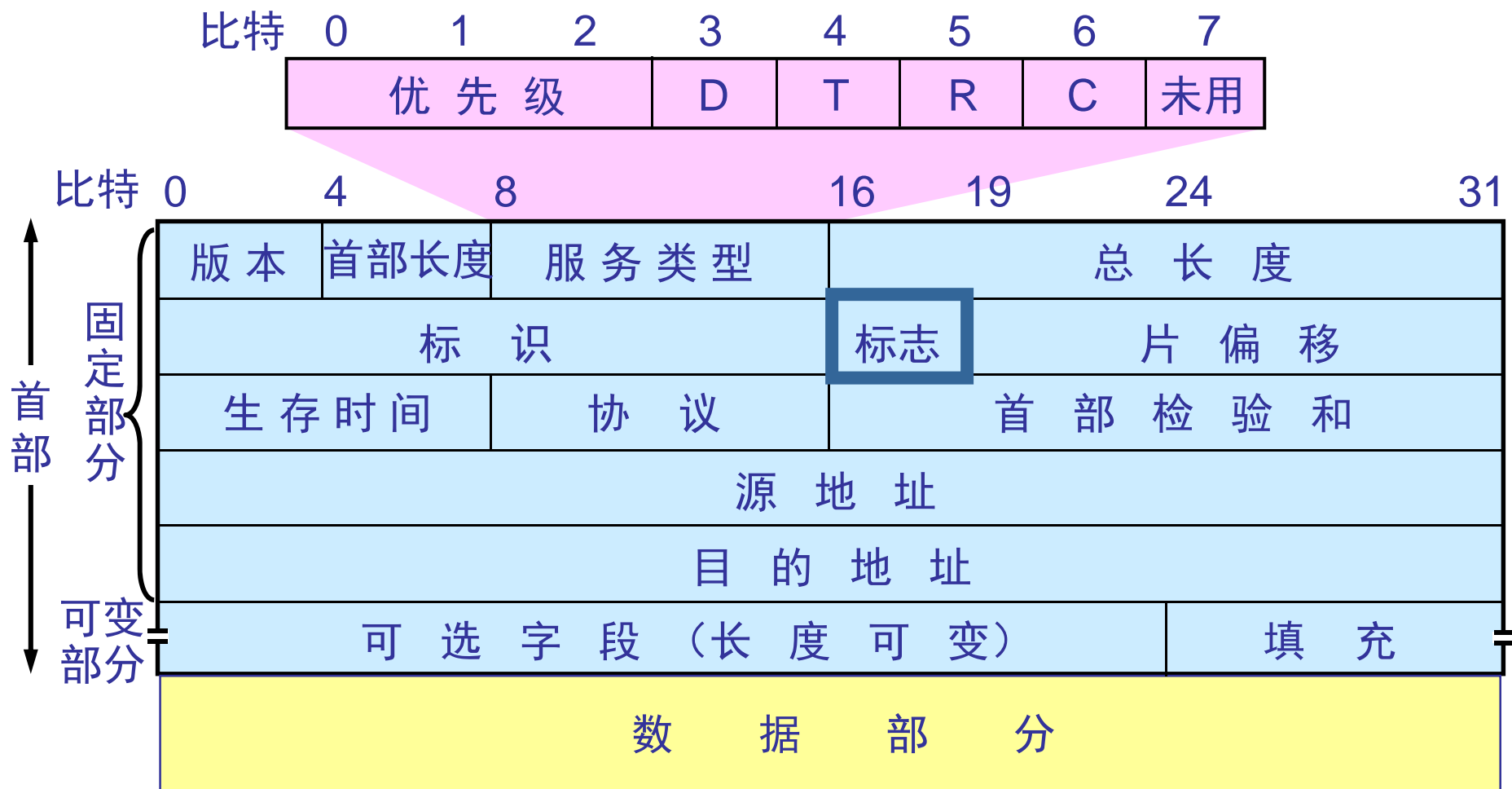
应用程序	短延迟位D	高吞吐量位T	高可靠性位	低成本位	十六进制值	特性
Telnet	1	0	0	0	0x10	短延迟
FTP控制	1	0	0	0	0x10	短延迟
FTP数据	0	1	0	0	0x08	高吞吐量
TFTP	1	0	0	0	0x10	短延迟
SMTP命令	1	0	0	0	0x10	短延迟
SMTP数据	0	1	0	0	0x08	高吞吐量
DNS UDP查询	1	0	0	0	0x10	短延迟
DNS TCP查询	0	0	0	0	0x00	普通
DNS 区域传输	0	1	0	0	0x08	高吞吐量
ICMP差错	0	0	0	0	0x00	普通
ICMP查询	0	0	0	0	0x00	普通
SNMP	0	0	1	0	0x04	高可靠性
IGP	0	0	1	0	0x04	高可靠性
NNTP	0	0	0	1	0x02	低成本



总长度——占 16 bit，指首部和数据之和的长度，单位为字节，因此数据报的最大长度为 65535 字节。总长度必须不超过最大传送单元 MTU。



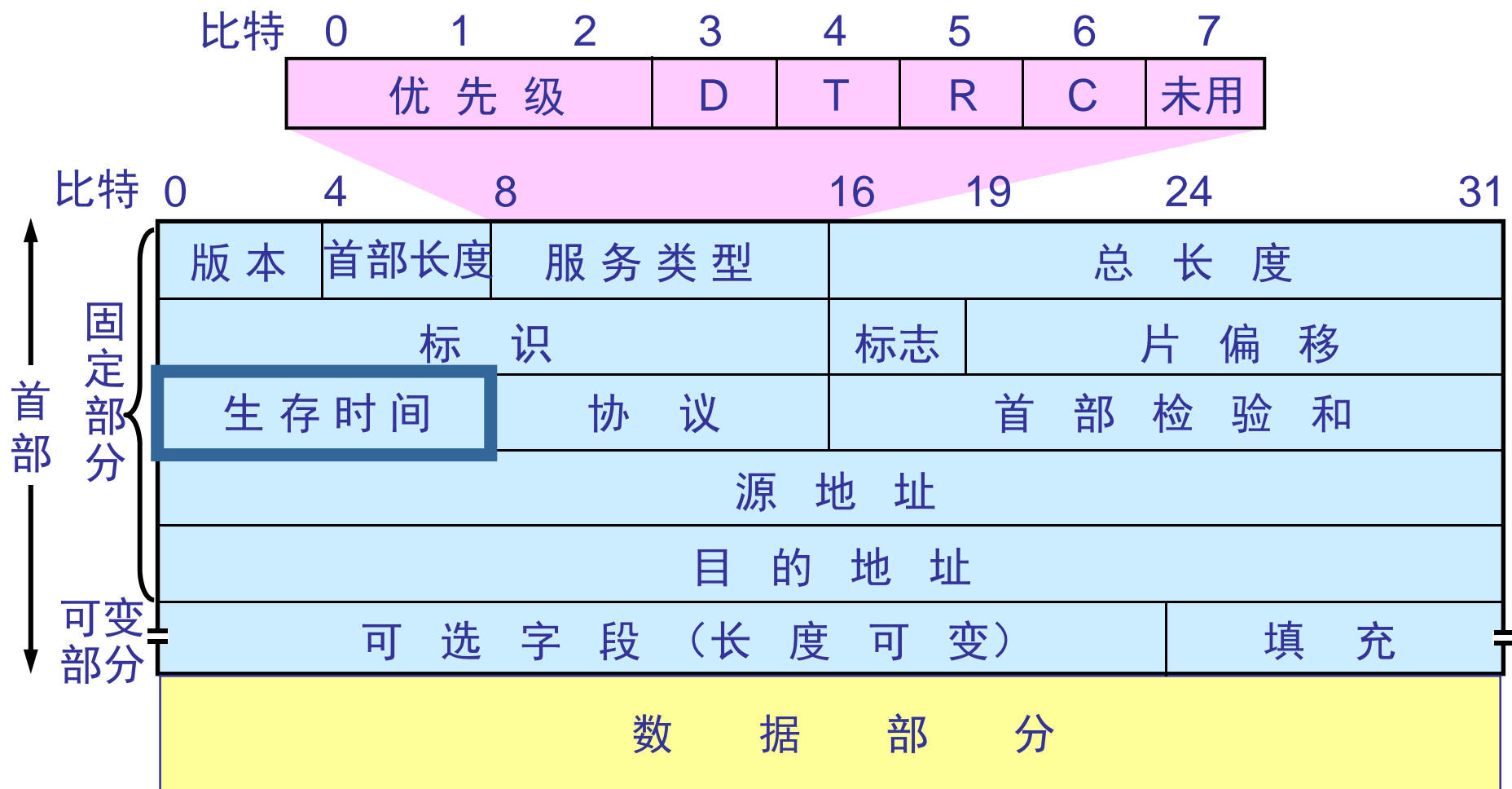
标识(identification) 占 16 bit,  
它是一个计数器, 用来产生数据报的标识。



标识(identification) 占 16 bit,  
它是一个计数器, 用来产生数据报的标识。

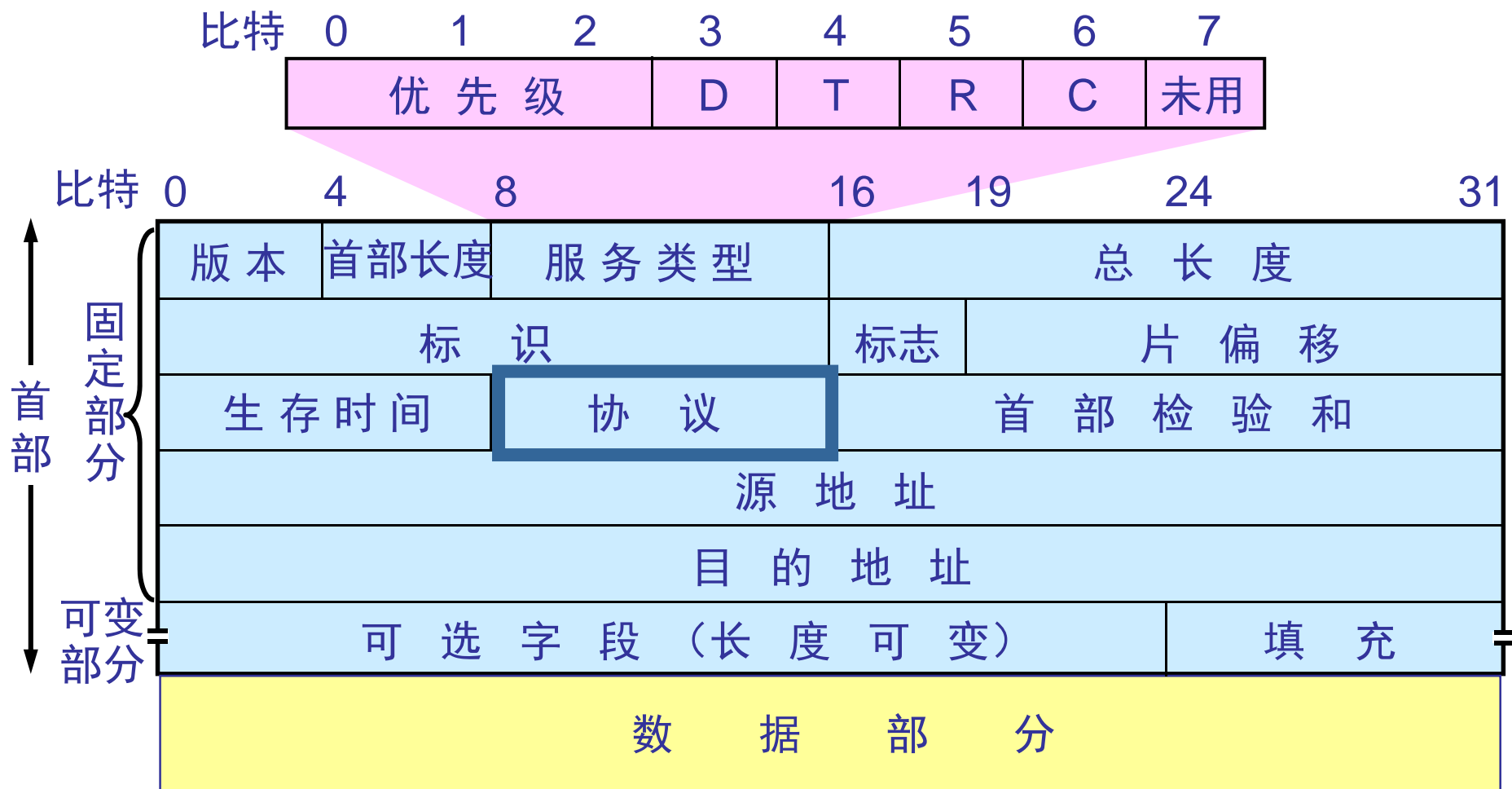


片偏移(12 bit)指出：较长的分组在分片后  
某片在原分组中的相对位置。  
片偏移以 8 个字节为偏移单位。

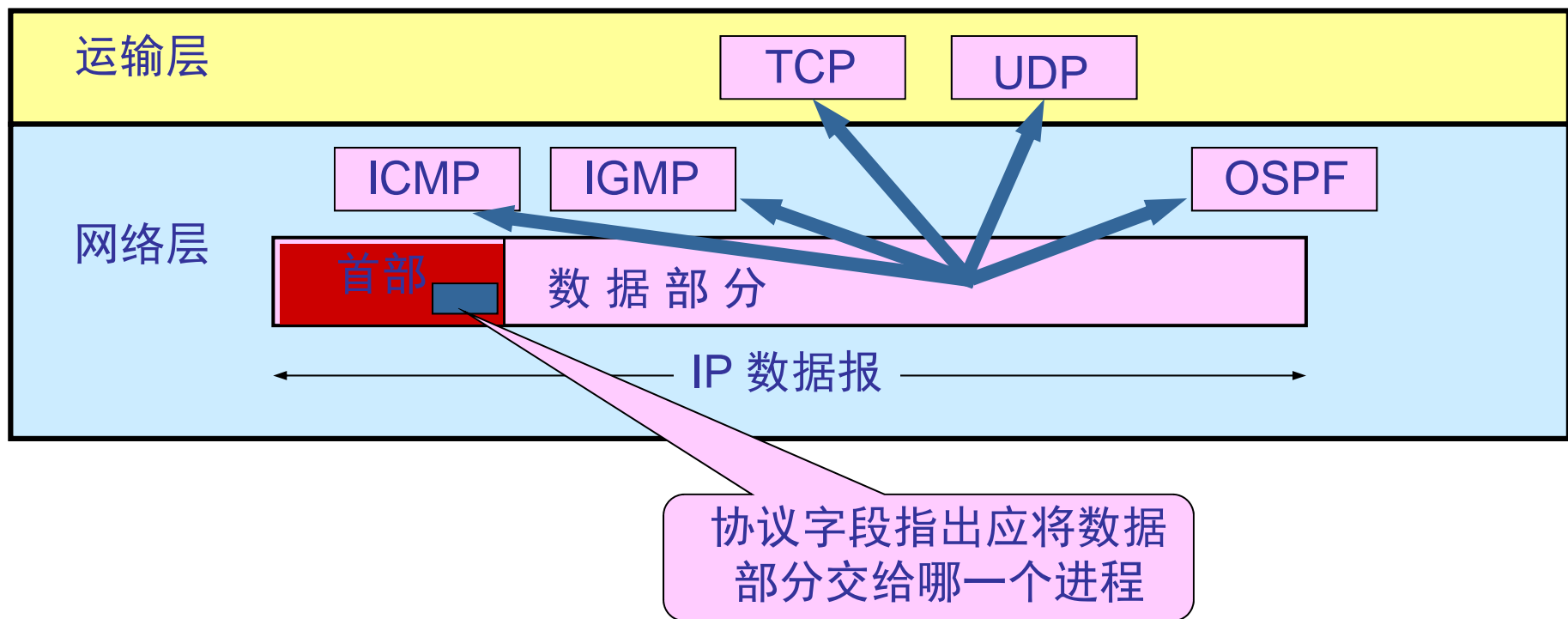


生存时间(8 bit)记为 TTL (Time To Live)  
数据报在网络中的寿命，其单位为秒。





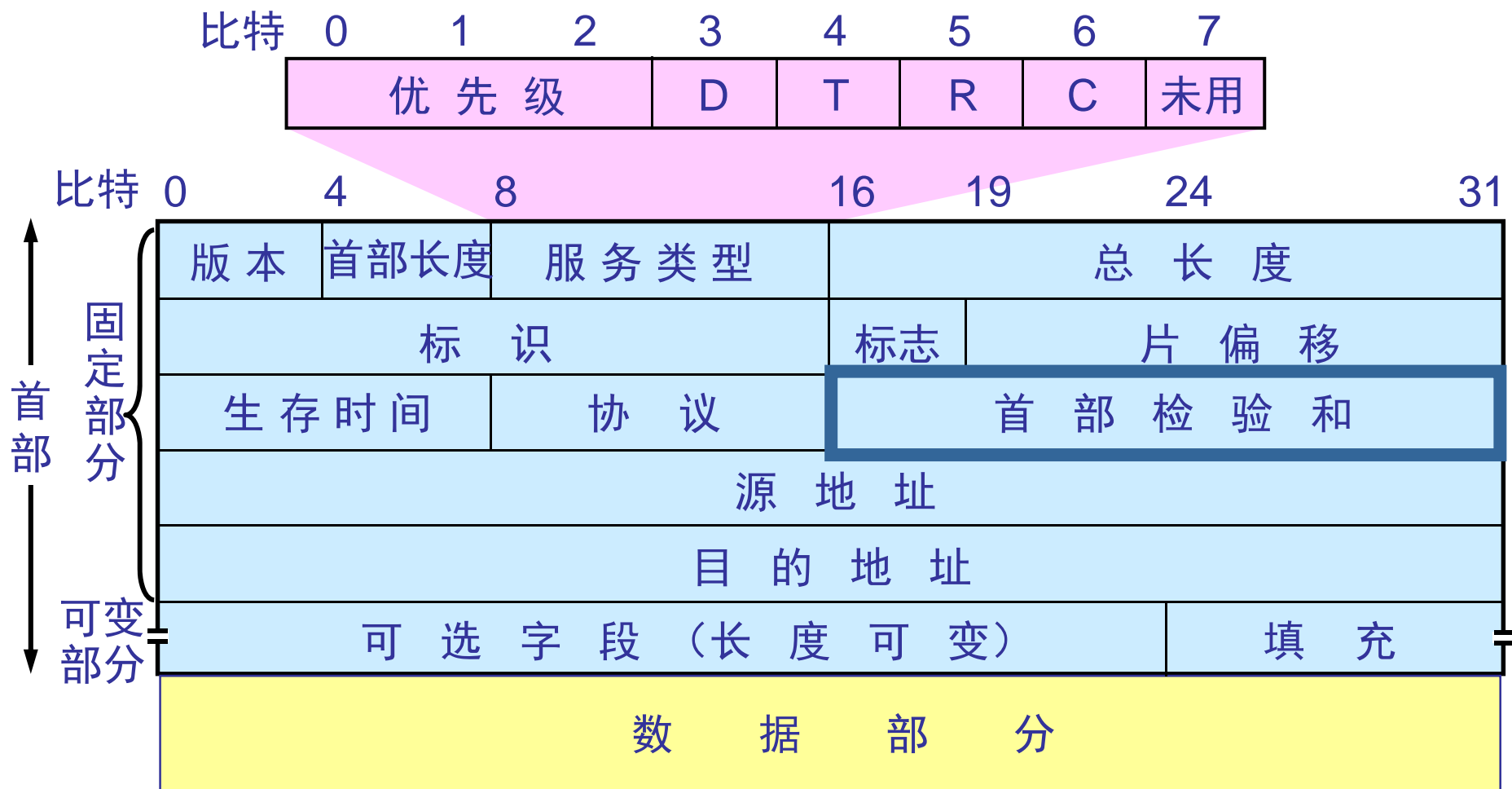
协议(8 bit)字段指出此数据报携带的数据使用何种协议以便目的主机的 IP 层将数据部分上交给哪个处理过程





## 常用网际协议编号

十进制编号	协 议	说 明
0	无	保留
1	ICMP	网际控制报文协议
2	IGMP	网际组管理协议
3	GGP	网关—网关协议
4	无	未分配
5	ST	流
6	TCP	传输控制协议
8	EGP	外部网关协议
9	IGP	内部网关协议
11	NVP	网络声音协议
17	UDP	用户数据报协议



首部检验和(16 bit)字段只检验数据报的首部  
不包括数据部分。

这里不采用 CRC 检验码而采用简单的计算方法。

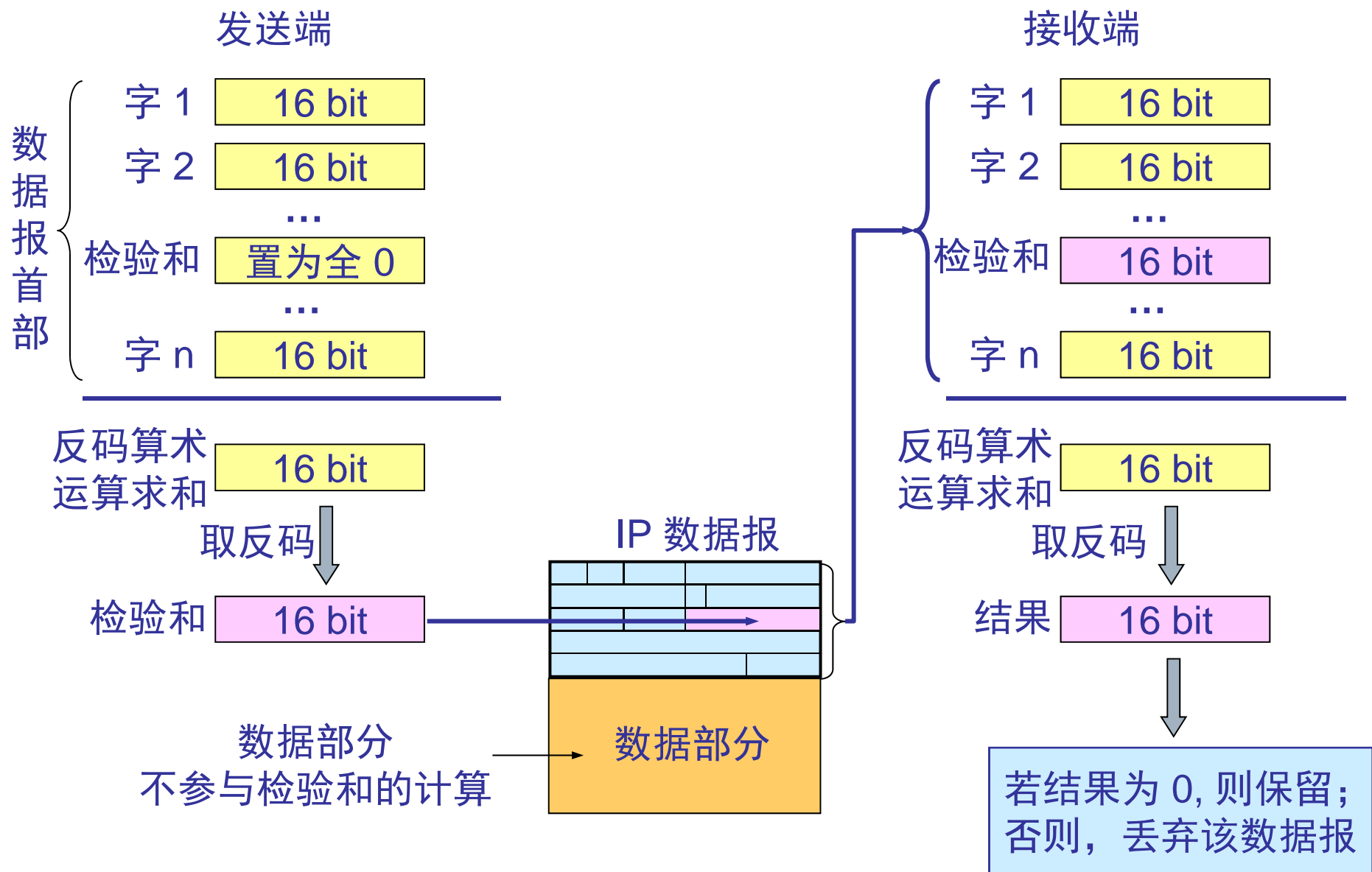


**算法简单：**置头校验和的初值为“0”，然后对报头的每16位求二进制反码，然后累加，结果再取反；

**只做报头校验，数据区不做：**节省时间，但不可靠；

**数据报每经过一个结点，都要重新计算报头校验和，因为生存时间、标志、片偏移等可能发生变化；**

收到数据报后，先进行校验和并和原来的数值进行比较，如不符则说明传输有错，就将该数据报丢弃。





源地址和目的地址都各占 4 字节



## IP 数据报首部的可变部分

- ❑ IP 首部的可变部分就是一个选项字段，用来支持排错、测量以及安全等措施，内容很丰富。
- ❑ 选项字段的长度可变，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是为了增加 IP 数据报的功能，但这同时也使得 IP 数据报的首部长度成为可变的。这就增加了每一个路由器处理数据报的开销。
- ❑ 实际上这些选项很少被使用。



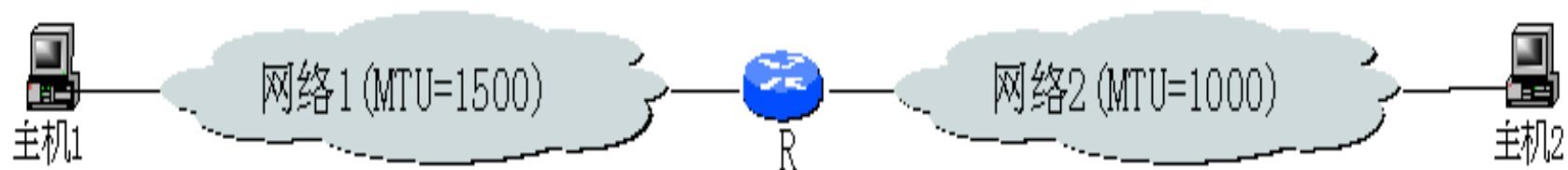


# IP 数据报分片和重组

## 1. 最大传输单元MTU

MTU: 网络规定的一个帧最多能够携带的数据量。

与路由器连接的各个网络的MTU可能不同。





## IP 数据报分片和重组

网 络 名 称	MTU(单位: 字节)
以太网	1500
IEEE802.3/802.2	1492
FDDI	4352
ATM(信元)	48
X.25	576
点到点(低延时)	296
令牌环网(IBM 16 MB/s)	17 914
令牌环网(IEEE802.5 IBM 16 MB/s)	4464

几种常用网络的MTU值



# IP 数据报分片和重组

## 2、分片

IP分组的尺寸可以在很大范围内变化

- 与由硬件决定的MTU不同，IP数据报大小由软件所决定，在一定范围内(65535)可以任意选择；
- 通过选择适当的IP数据报大小以适应Internet中不同的MTU；
- 问题是无论选择Internet中最大或最小MTU作为数据报上限均达不到理想的效果：假如以最大MTU作为数据报大小的上限，则在MTU较小的网络上不能实现数据封装；假如以最大MTU作为数据报大小的上限，则在MTU较大的网络上必然造成硬件能力的浪费。



# IP 数据报分片和重组

## 2、分片

IP协议采用分片（fragmentation）技术屏蔽物理网络帧MTU的不同

- IP协议在确定数据报大小时，简单地以“方便”为原则。也就是说，在不超出版本本身规定的的数据报大小的前提下，IP协议选择当前最合适的数据报大小（所谓“合适”指在信源机所在物理网上能进行最大限度封装）。
- IP协议提供分片（fragmentation）机制，在MTU较小的网络上，将数据报分成若干较小的部分进行传输。这种较小的部分叫作片（fragment）。

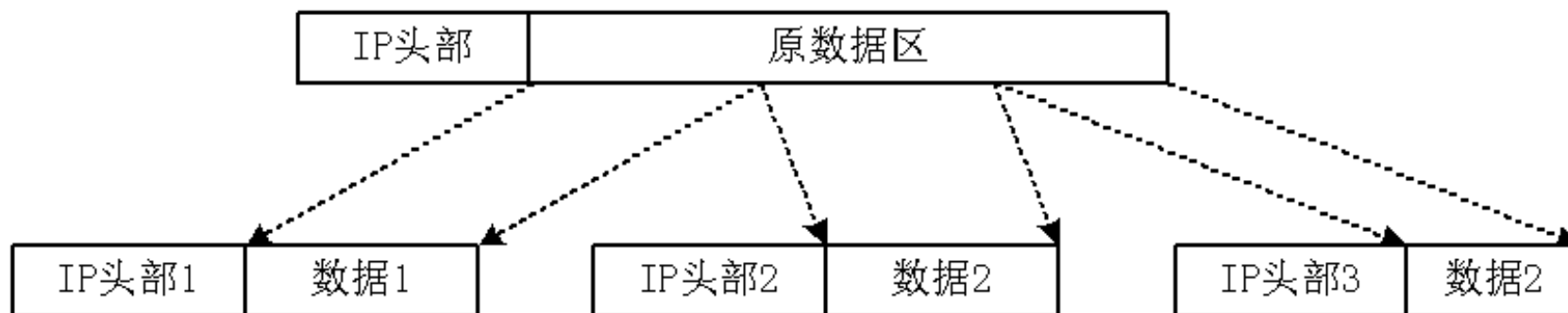


# IP 数据报分片和重组

## 2、分片

分片：IP数据报的尺寸大于将发往网络的MTU值 时，路由器将IP数据报分成若干较小的部分的过程。

每个分片由**报头区**和**数据区**两部分构成





## IP 数据报分片和重组

分片后的IP数据报，与原来未分片的IP数据报头部有两点主要不同：**标志和片偏移**。

(1) **标志**：在IP数据报的头部，有一个叫标志的字段，用**3**位二进制数表示，如图4-20所示。

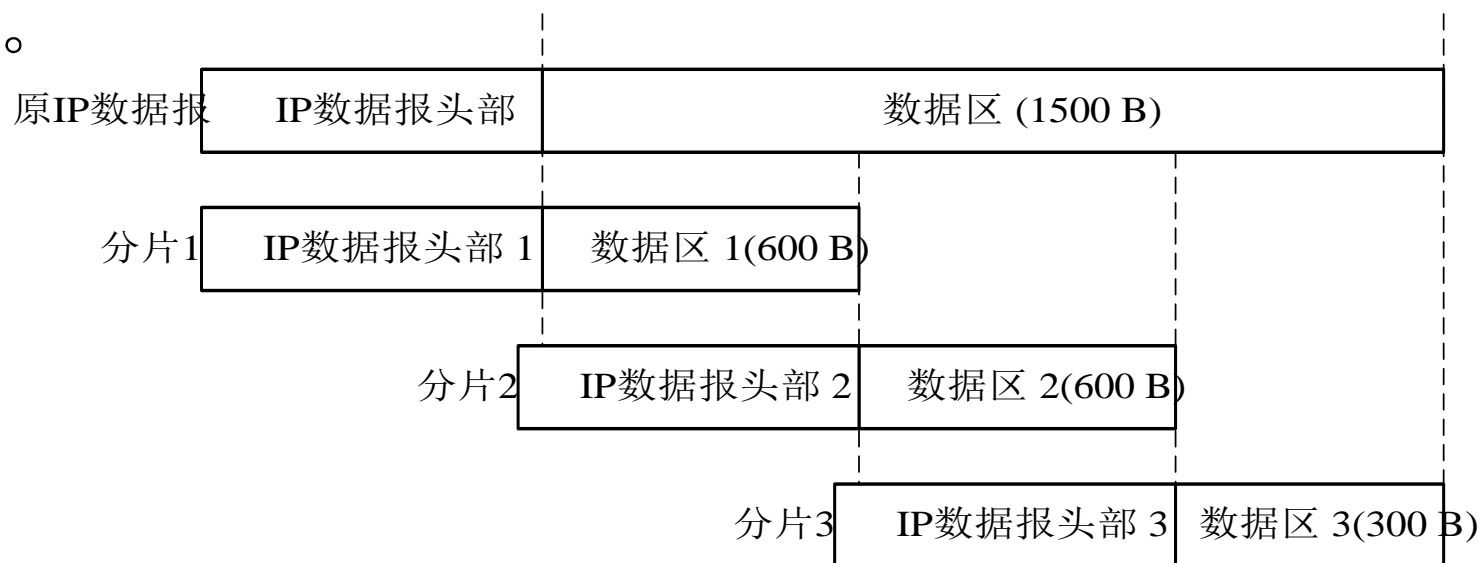
未使用	不分片(DF)	片未完(MF)
-----	---------	---------

IP数据报头标志位



## IP 数据报分片和重组

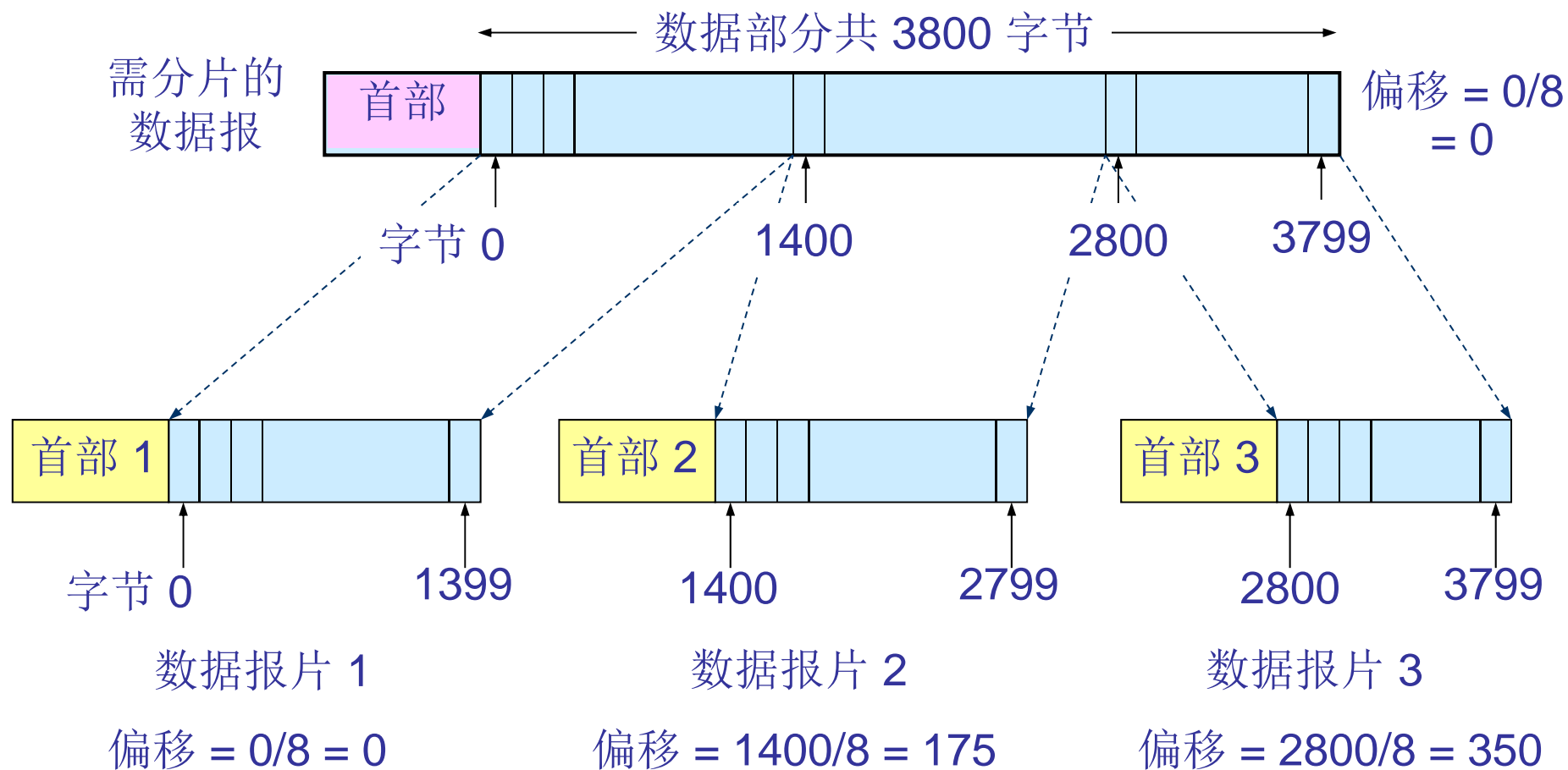
(2) 片偏移：在图4-19中，IP数据报被分成3片之后，各片数据区在原来IP数据区中的位置用13位片偏移表示。



### IP数据报的分片过程



## IP 数据报分片和重组







# IP 数据报分片和重组

## 3、重组

- (1) 重组：在接收到所有分片的基础上，主机对分片进行重新组装的过程。
- (2) 目的主机进行重组。减少了中间路由器的计算量，路由器可以为每个分片独立选路。
- (3) 路由器不需要对分片进行重组，也不可能对分片进行重组。



## IP 数据报可选字段

这部分最多包含40字节，因为IP头部最长是60字节（其中还包含前面讨论的20字节的固定部分）。格式如下图所示，包括：一个字节的代码（Code）字段，一个字节的长度（Length）字段，以及一个长度可变的数据（Data）字段。

代码 (Code)	长度 (Length)	数据 (Data)
1 字节	1 字节	长度可变

- 代码字段表示选项的作用、类型以及是否被复制。
- 长度字段表示选项的总长度。
- 数据字段表示选项的信息，例如偏移量、指针、长度、地址等数据。



## IP 数据报可选字段

可用的IP选项包括：

- 记录路由（record route），告诉数据报途经的所有路由器都将自己的IP地址填入IP头部的选项部分，这样我们就可以跟踪数据报的传递路径。
- 时间戳（timestamp），告诉每个路由器都将数据报被转发的时间（或时间与IP地址对）填入IP头部的选项部分，这样就可以测量途经路由之间数据报传输的时间。
- 松散源路由选择（loose source routing），指定一个路由器IP地址列表，数据报发送过程中必须经过其中所有的路由器。
- 严格源路由选择（strict source routing），和松散源路由选择类似，不过数据报只能经过被指定的路由器。



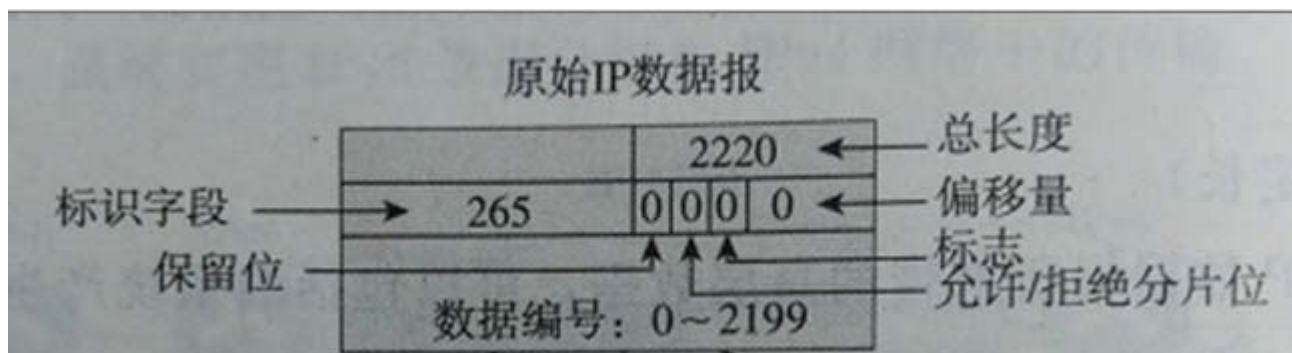
# 填充

---

填充字段的长度是可变的。当IP报头的长度不是4个字节的倍数时，就利用Padding在报头最后面填入一连串的0，直到报头的长度成为4个字节的倍数。

# 作业

1. 在IP中只对数据报头而不对数据计算校验和的好处是什么？缺点是什么？
2. 网络层中为什么要对数据报进行分片？以下为某个原始IP数据报，头部20B，假设MTU=820, 请给出分片结果。



- ### 3. 简述网路层中目标主机对分片数据报的重组过程。