



计算机与通信工程学院
School of Computer & Communication Engineering

第5章 网络层



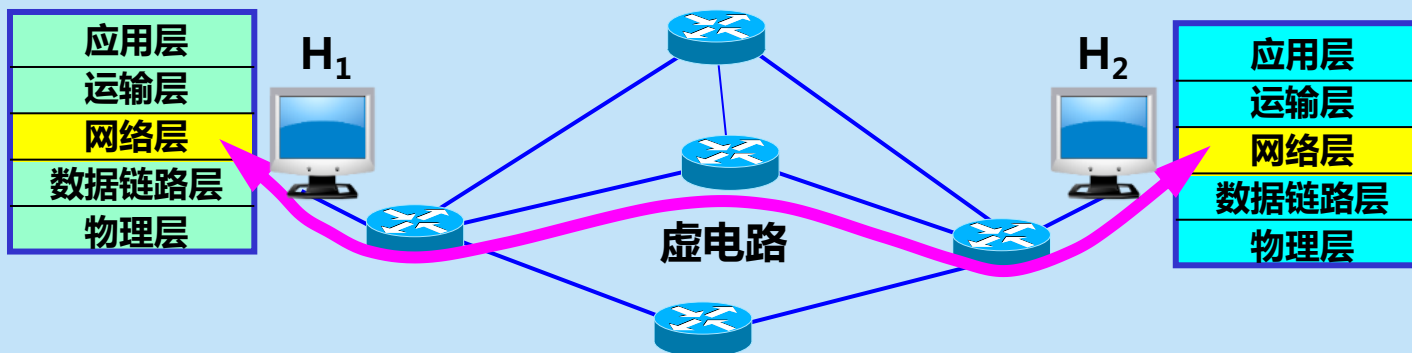
5.1	网络层概述
5.2	网际协议
5.3	IP选路
5.4	路由选择协议
5.5	互联网控制报文协议
5.6	多协议标记交换

为什么需要网络层？

- 数据链路层已解决的问题
解决了相邻节点间数据帧的传输问题。
- 数据链路层未解决的问题
 - 异构网络互联（跨局域网连接和资源共享）
 - 互联网主机标识问题
 - 互联网中主机间路由选择问题（最佳路径）
 - 互联网中数据转发的问题（分组转发）

网络层应该向运输层提供怎样的服务？

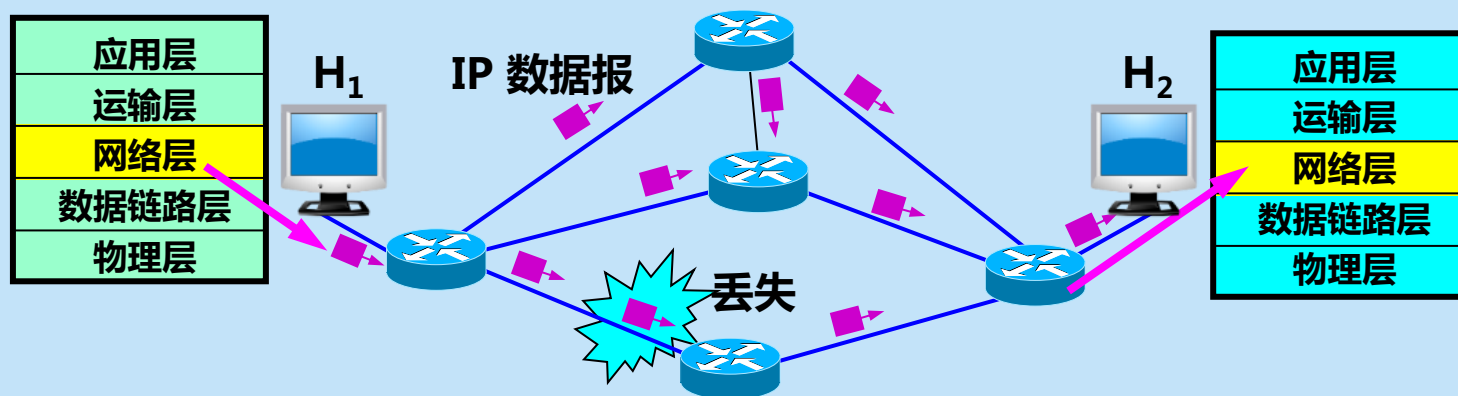
- 争论点：“面向连接”还是“无连接”？
- 争论焦点的实质就是：在计算机通信中，可靠交付应当由谁来负责？是网络还是端系统？
- 一种观点：让网络负责可靠交付。通信之前先建立虚电路，以保证双方通信所需的一切网络资源。如果再使用可靠传输的网络协议，就可使所发送的分组无差错按序到达终点，不丢失、不重复。



H₁ 发送给 H₂ 的所有分组都沿着同一条虚电路传送

网络层应该向运输层提供怎样的服务？

- 另一种观点：**网络层向上只提供简单灵活的、无连接的、尽最大努力交付的数据报服务**。网络在发送分组时不需要先建立连接，每一个分组（即IP数据报）独立发送，与其前后的分组无关（不编号）。网络层不提供服务质量的承诺，即所传送的分组可能出错、丢失、重复和失序（不按序到达终点），当然也不保证分组传送的时限。**主机运输层负责可靠交付**，使得网络的造价大大降低，运行灵活。



H₁ 发送给 H₂ 的分组可能沿着不同路径传送

虚电路服务与数据报服务的对比

对比的方面	虚电路服务	数据报服务
思路	可靠通信应当由网络来保证	可靠通信应当由用户主机来保证
连接的建立	必须有	不需要
终点地址	仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的虚电路号	每个分组都有终点的完整地址
分组的转发	属于同一条虚电路的分组均按照同一路由进行转发	每个分组独立选择路由进行转发
当结点出故障时	所有通过出故障的节点的虚电路均不能工作	出故障的节点可能会丢失分组，一些路由可能会发生变化
分组的顺序	总是按发送顺序到达终点	到达终点时不一定按发送顺序
端到端的差错处理和流量控制	可以由网络负责，也可以由用户主机负责	由用户主机负责

网络层的功能

- 网络层提供不可靠、无连接、尽力而为的数据报传送服务。
- IP的主要功能
 - 寻址

能够跨越任意类型的网络对设备进行唯一寻址。
 - 路由选择
 - 以单个IP数据报为基础，确定某个IP数据报到达目标主机需要经过哪些路由器。
 - 可以由源主机决定，也可以由IP数据报所途径的路由器决定。
 - 分段与重组
 - IP数据报在实际传输过程中所经过的物理网络帧的最大长度可能不同，当长的IP数据报需要经过短帧子网时，要对其进行分段与重组。
 - 重组工作由目标主机完成。

网际协议（IP）

- 网际协议（IP）是TCP/IP协议族中最为核心的协议，提供的是**不可靠、无连接、尽力而为**的数据报传送服务。
 - IP数据报格式
 - IP地址
- 版本
 - IPv4
 - IPv6

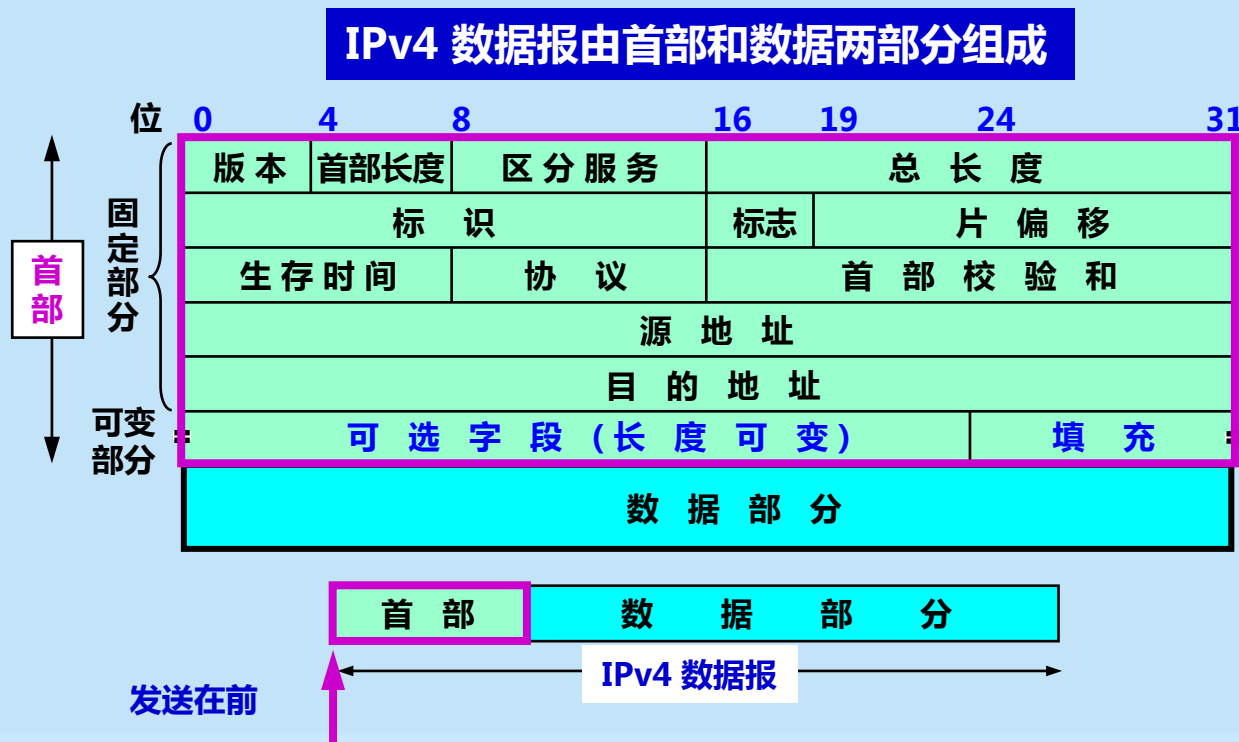
IPv4 数据报格式

- IP数据报各字段是如何确定的？
- IP数据报中哪些字段与IP分片有关？
- IP分片后IP数据报中哪些字段的值会发生变化？



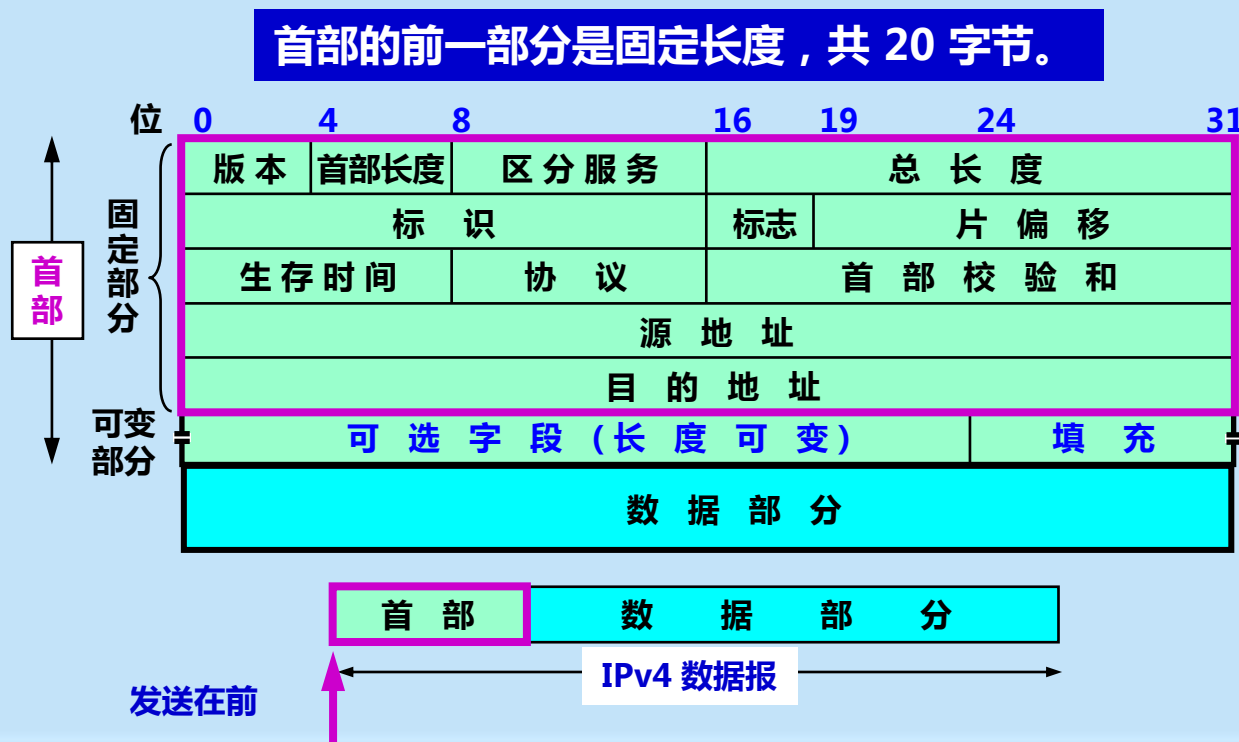
IPv4 数据报格式

- 一个 IPv4 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 IPv4 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。



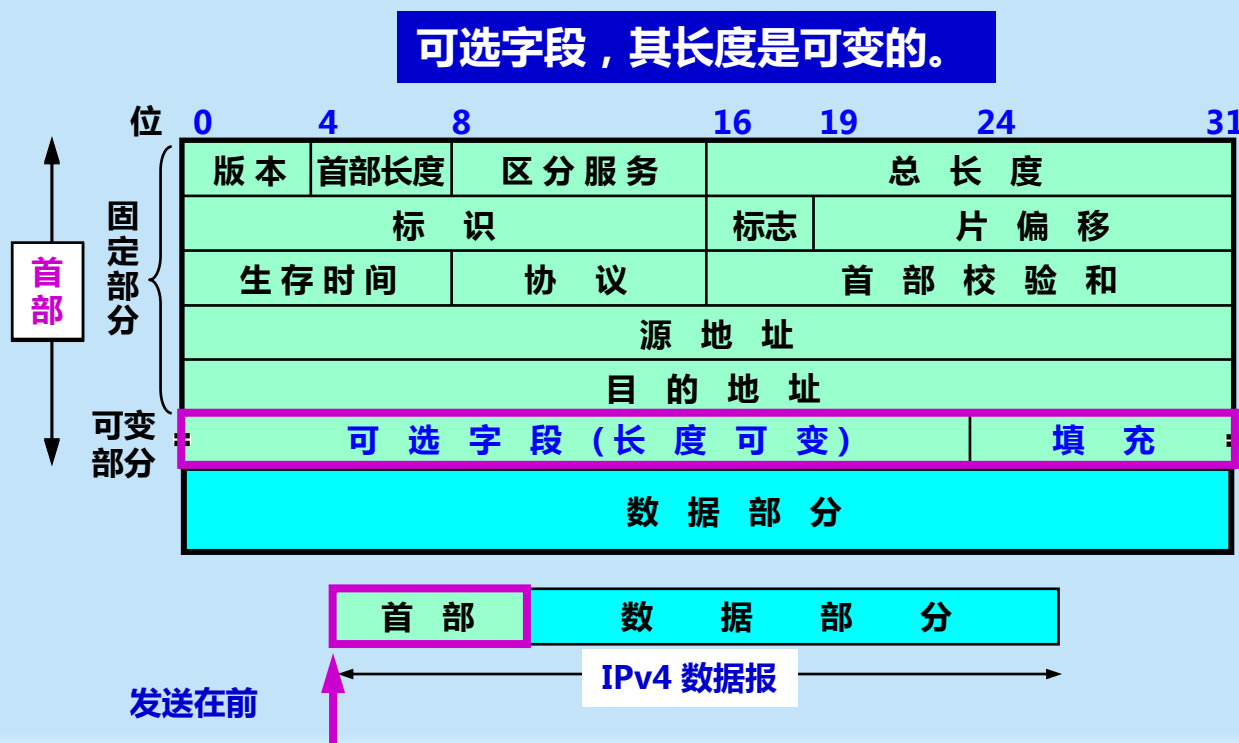
IPv4 数据报格式

- 一个 IPv4 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 IPv4 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。



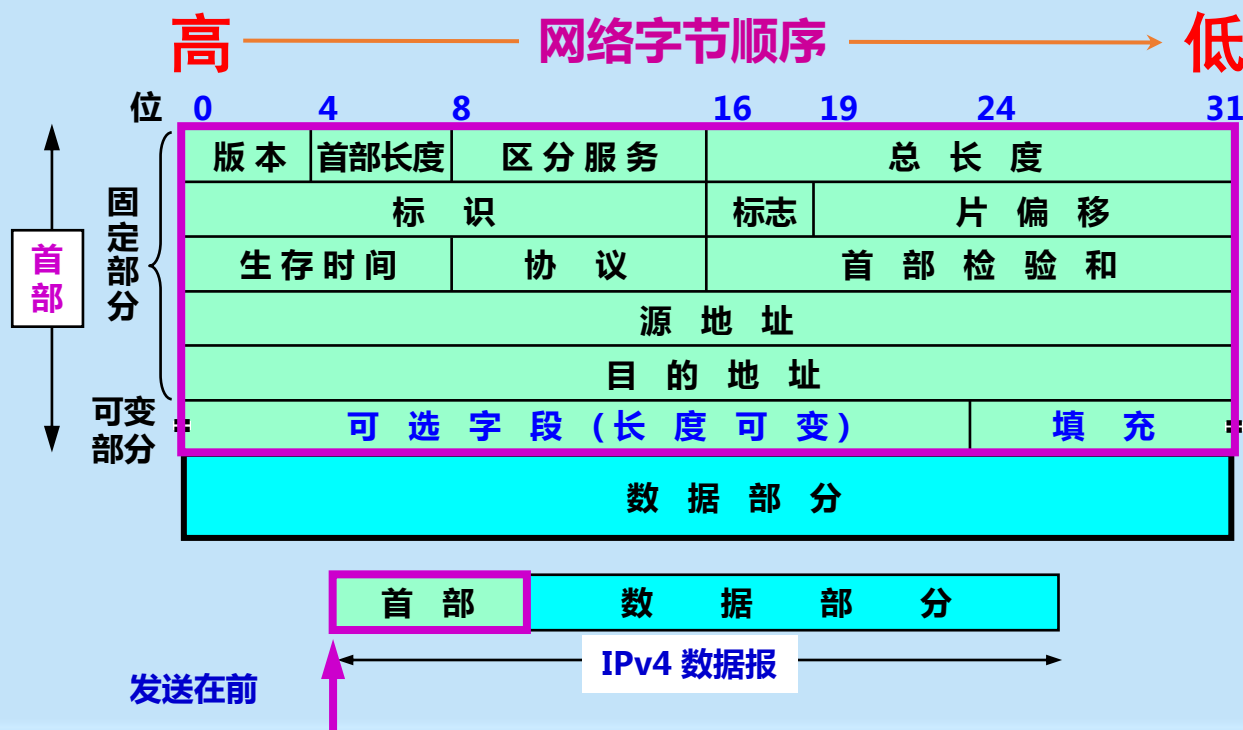
IPv4 数据报格式

- 一个 IPv4 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 IPv4 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。



IPv4 数据报格式

- 图中数据**最高位**在左边记为**0**位；**最低位**在右边记为**31**位。在网络中传输数据时，先传输0~7位，最后传输24~31位。TCP/IP协议首部中所有的二进制数在网络中传输时都要求以这种顺序进行，因此把它称为**网络字节顺序**。



IPv4 数据报格式

- **版本**——占 4 位，指 IP 协议的版本。
- 目前的 IP 协议版本号为 4 (即 IPv4)。



IPv4 数据报格式

- **首部长度**——占 4 位，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。如果数据报的首部长度不是 4 字节的整数倍，必须利用最后的填充字段加以填充。



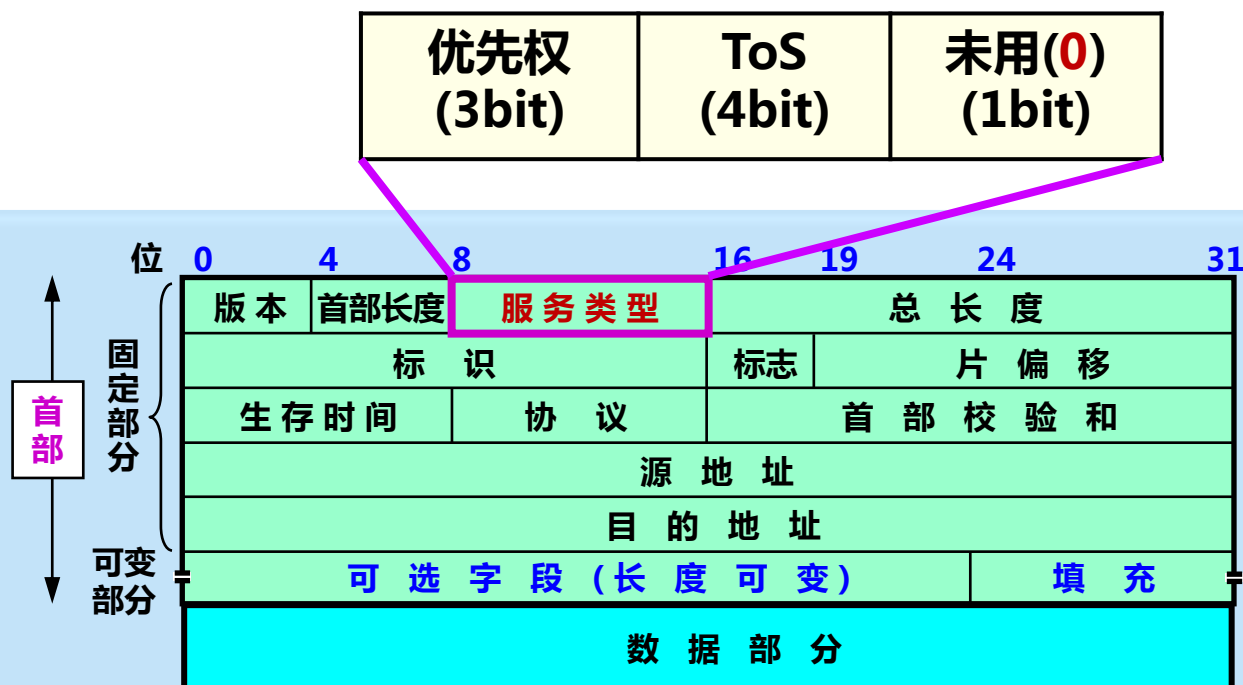
IPv4 数据报格式

- **区分服务**——占 8 位，用来获得更好的服务。



IPv4 数据报格式

- **区分服务**——占 8 位，用来获得更好的服务。



IPv4 数据报格式--优先权

优先级	定义	使用
000	Routine (常规)	默认标记值
001	Priority (优先)	给数据业务使用
010	Immediate (快速)	
011	Flash (闪速)	语音控制数据使用
100	Flash Override (疾速)	由视频会议和视频流使用
101	Critic (关键)	推荐给语音数据使用
110	Internetwork Control (网间控制)	一般保留给网络控制数据使用，如路由
111	Network Control (网络控制)	

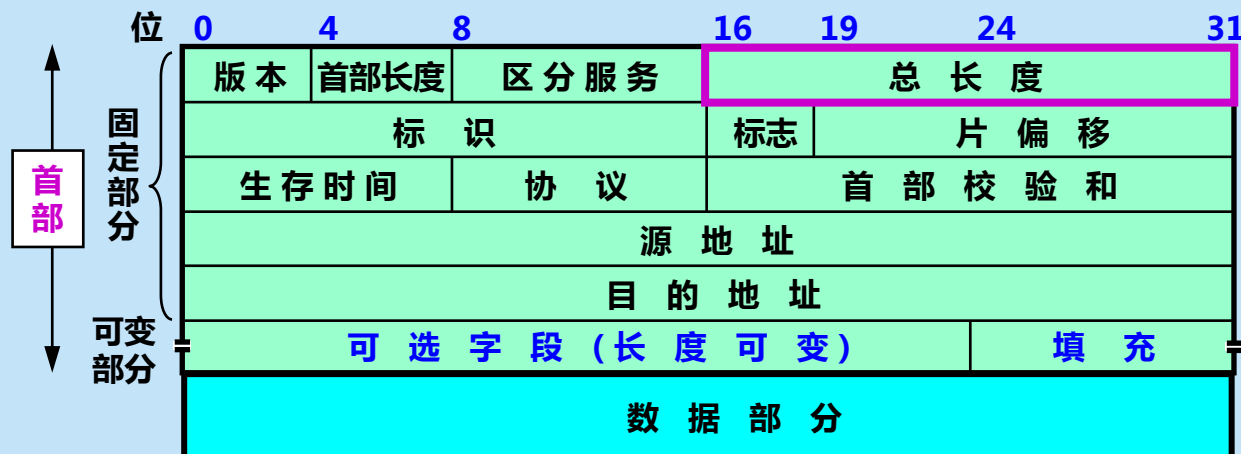
IPv4 数据报格式--ToS

- 1000 -- minimize delay #最小延迟
- 0100 -- maximize throughput #最大吞吐量
- 0010 -- maximize reliability #最高可靠性
- 0001 -- minimize monetary cost #最小费用
- 0000 -- normal service #一般服务
- IP首部中的ToS字段，只能表示一种服务类别，也就是：这4bit字段中，最多只能有一个bit字段为1。

应用程序	最小时延	最大吞吐量	最高可靠性	最小费用	16进制值
Telnet/Rlogin	1	0	0	0	0x10
FTP					
控制	1	0	0	0	0x10
数据	0	1	0	0	0x08
任意块数据	0	1	0	0	0x08
TFTP	1	0	0	0	0x10
SMTP					
命令阶段	1	0	0	0	0x10
数据阶段	0	1	0	0	0x08
DNS					
UDP查询	1	0	0	0	0x10
TCP查询	0	0	0	0	0x00
区域传输	0	1	0	0	0x08
ICMP					
差错	0	0	0	0	0x00
查询	0	0	0	0	0x00
任何IGP	0	0	1	0	0x04
SNMP	0	0	1	0	0x04
BOOTP	0	0	0	0	0x00
NNTP	0	0	0	1	0x02

IPv4 数据报格式

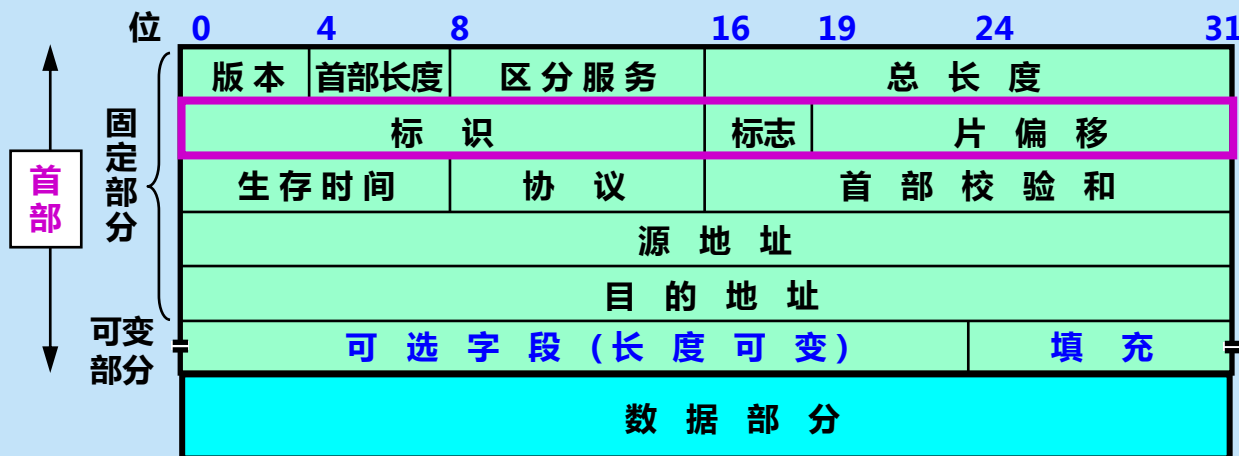
- **总长度**——占 **16** 位，指首部和数据之和的长度，单位为字节，因此数据报的最大长度为 **65535 字节**。总长度必须不超过数据链路层的最大传送单元MTU。



为什么要设置
总长度字段？

IPv4 数据报格式

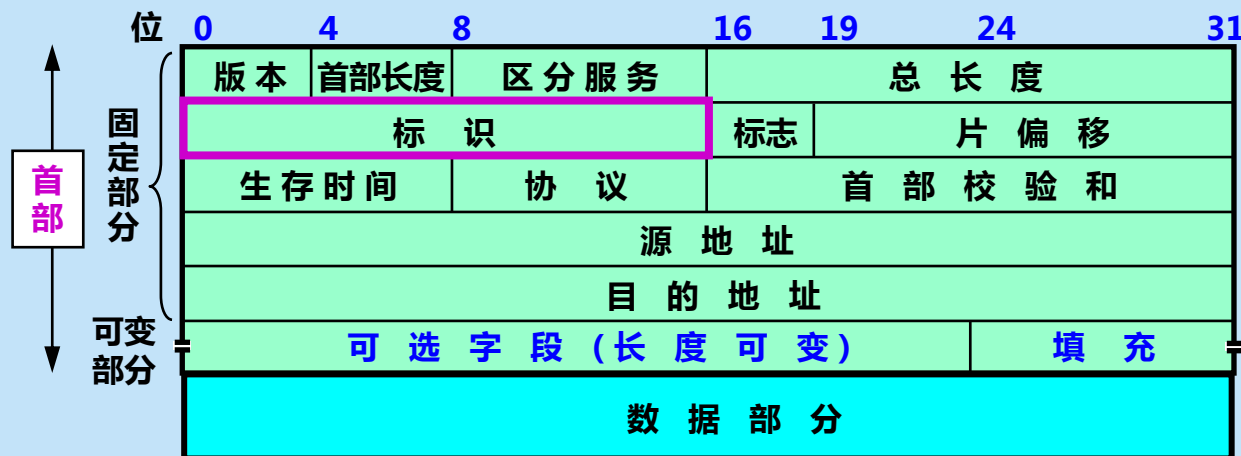
- **标识**——占 16 位，是一个**计数器**，用来产生 IP 数据报的标识，通常每发送一份报文它的值就会**加1**。当数据报长度超过网络的MTU而必须分片时，标识字段的值就被**复制**到所有的数据报片的标识字段中，相同的标识字段值使分片后的各数据报片最后能正确地重组为原来的数据报。



这三个字段与IP分片有关，IP数据报总长度超过MTU时，IP数据报需要分片。

IPv4 数据报格式

- **标识**——占 16 位，是一个**计数器**，用来产生 IP 数据报的标识，通常每发送一份报文它的值就会**加1**。当数据报长度超过网络的MTU而必须分片时，标识字段的值就被**复制**到所有的数据报片的标识字段中，相同的标识字段值使分片后的各数据报片最后能正确地重组为原来的数据报。



IPv4 数据报格式

- **标志**——占 3 位，目前只有两位有意义。标志字段中的最低位记为 MF（More Fragment），MF=1 表示后面**还有分片的数据**；MF=0 表示**最后一个数据报片**。标志字段中间的一位记为 DF（Don't Fragment），其含义是**不能分片（DF=1）**，只有当 DF=0 时才**允许分片**。



IPv4 数据报格式

- **片偏移**——占 **13** 位，指出较长的分组在分片后某片在原分组中的相对位置，即相对于用户数据字段的起点，该片从何处开始。以**8个字节为偏移单位**，即每个分片的长度**一定是8字节（64bit）的整数倍**。

