



# 计算机网络与通信技术

## 第四章 网络层

北京交通大学 刘彪



# 计算机网络与通信技术

知识点：IPv6

北京交通大学 刘彪



# 问题

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- 互联网经过几十年的飞速发展，到 2011 年 2 月，IPv4 的 32 位地址已经耗尽。
- ISP 已经不能再申请到新的 IP 地址块了。
- 我国在 2014 – 2015 年也逐步停止了向新用户和应用分配 IPv4 地址。
- 解决 IP 地址耗尽的问题的措施：
  - 采用划分子网和无类别编址 CIDR，使 IP 地址的分配更加合理
  - 采用网络地址转换 NAT 方法以节省全球 IP 地址
  - 采用具有更大地址空间的新版本的 IP 协议 IPv6
- 解决 IP 地址耗尽的根本措施就是采用具有更大地址空间的新版本的 IP，即 IPv6。



# 所引进的主要变化

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

IPv6 仍支持无连接的传送，主要变化如下：

- 更大的地址空间：IPv6 将地址从 IPv4 的 32 位 增大到了 128 位
- 扩展的地址层次结构
- 灵活的首部格式：IPv6 定义了许多可选的扩展首部
- 改进的选项：IPv6 允许数据报包含有选项的控制信息，其选项放在有效载荷中
- 允许协议继续扩充。
- 支持即插即用（即自动配置），因此 IPv6 不需要使用 DHCP
- 支持资源的预分配：IPv6 支持实时视像等要求，保证一定的带宽和时延的应用
- IPv6 首部改为 8 字节对齐



# IPv6数据报的一般形式

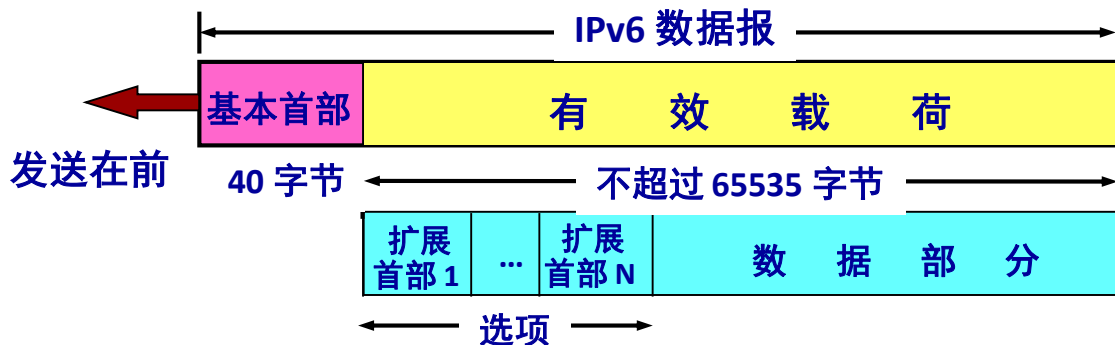
4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- IPv6 数据报由两大部分组成：
  - 基本首部 (base header)
  - 有效载荷 (payload)。有效载荷也称为净负荷。有效载荷允许有零个或多个扩展首部 (extension header)，再后面是数据部分。



具有多个可选扩展首部的 IPv6 数据报的一般形式



# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- IPv6 将首部长度变为固定的 40 字节，称为**基本首部(base header)**。
- 将不必要的功能取消了，首部的字段数减少到只有 8 个。
- 取消了首部的检验和字段，加快了路由器处理数据报的速度。
- 在基本首部的后面允许有零个或多个扩展首部。
- 所有的扩展首部和数据合起来叫做数据报的**有效载荷(payload)或净负荷**。



# 与IPv4数据报首部的对比

4.9 网际控制报文ICMP

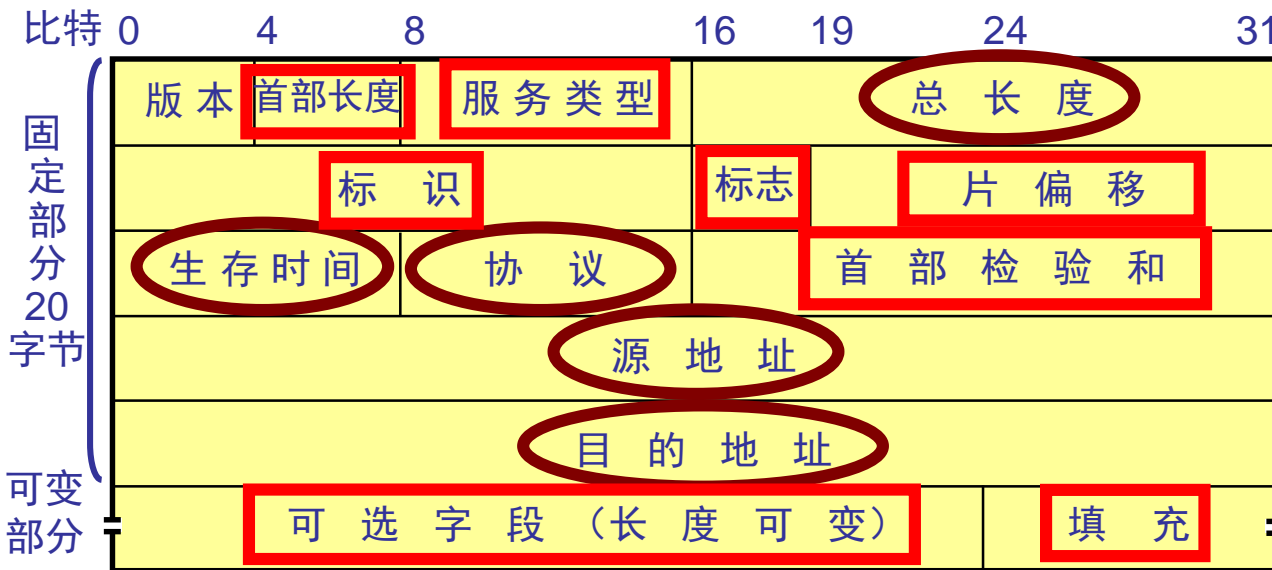
4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

有变化

取消



上面是 IPv4 数据报的首部



# IPv6的报文

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播







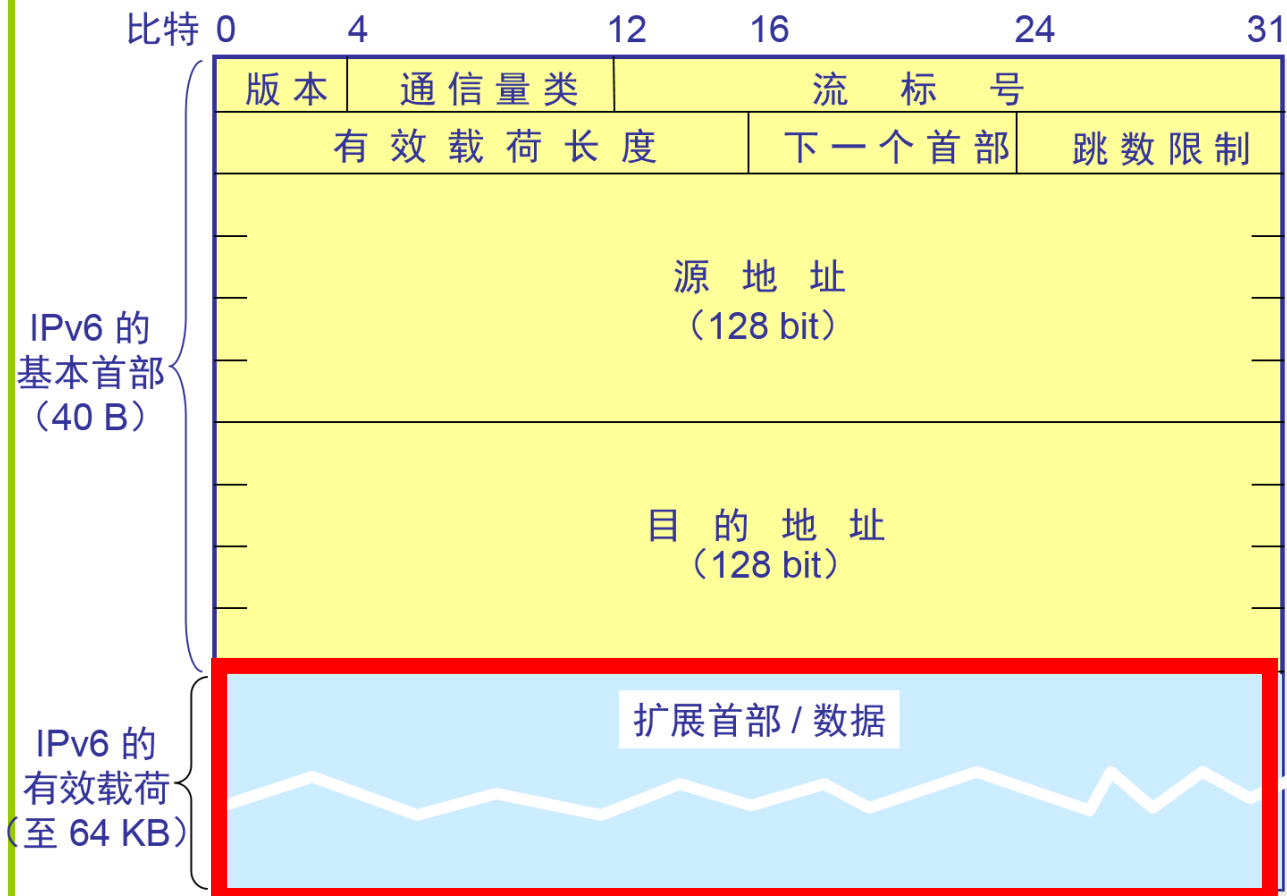
# IPv6的报文

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播





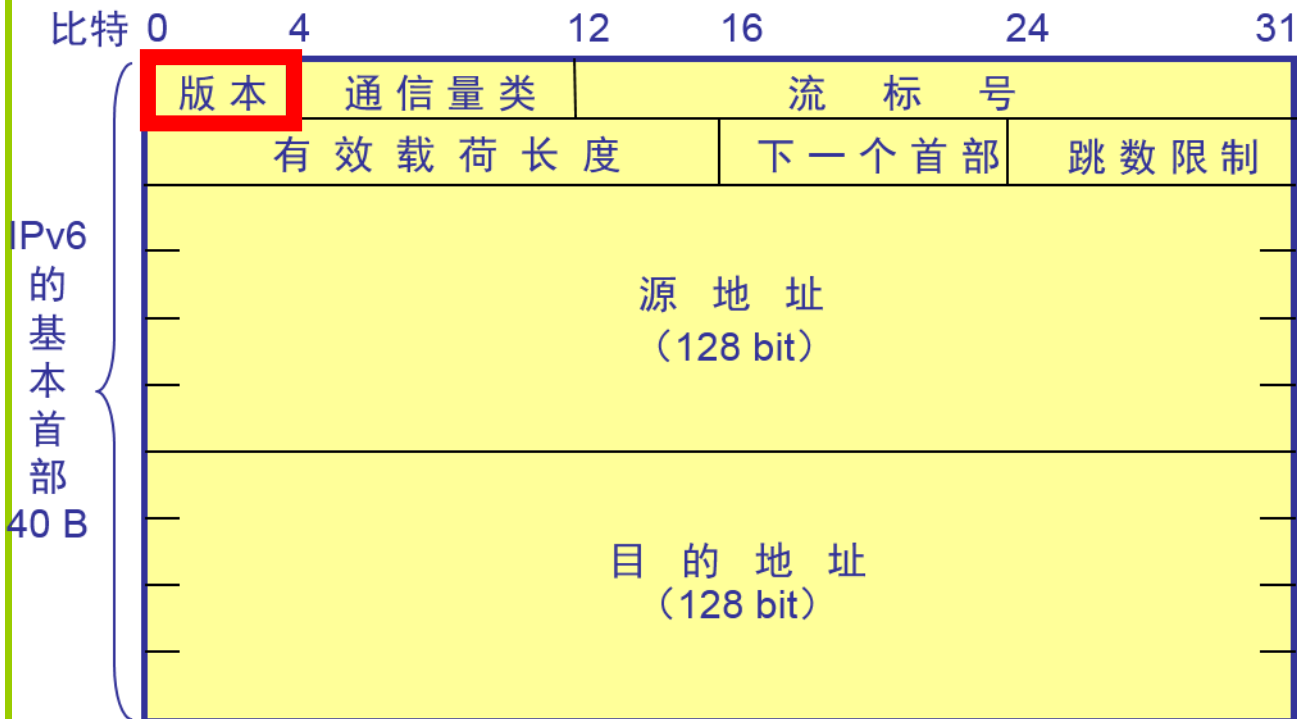
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



版本(version)—— 4 bit。它指明了协议的版本，对IPv6 该字段总是 6。



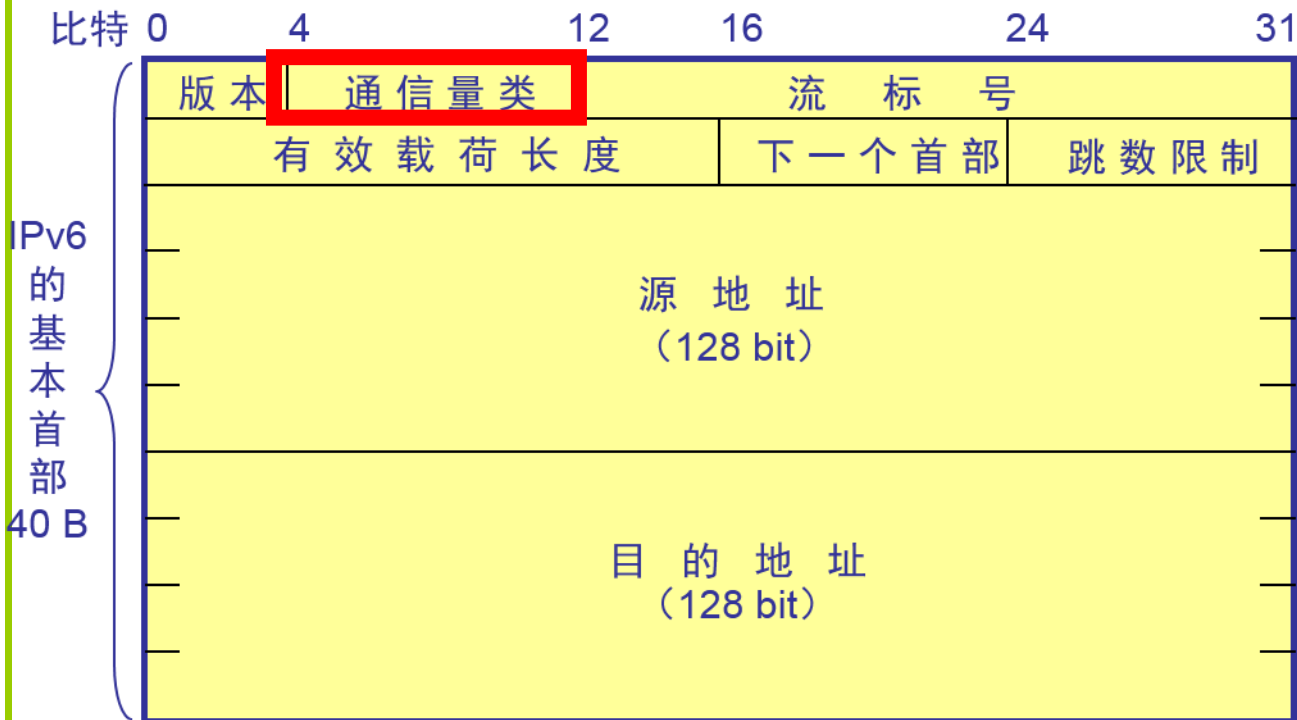
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



通信量类(traffic class)—— 8 bit。这是为了区分不同的 IPv6 数据报的类别或优先级。目前正在进行不同的通信量类性能实验。



# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



流标号(flow label)—— 20 bit。 “流” 是互联网络上从特定源点到特定终点的一系列数据报。所有属于同一个流的数据报都具有同样的流标号。



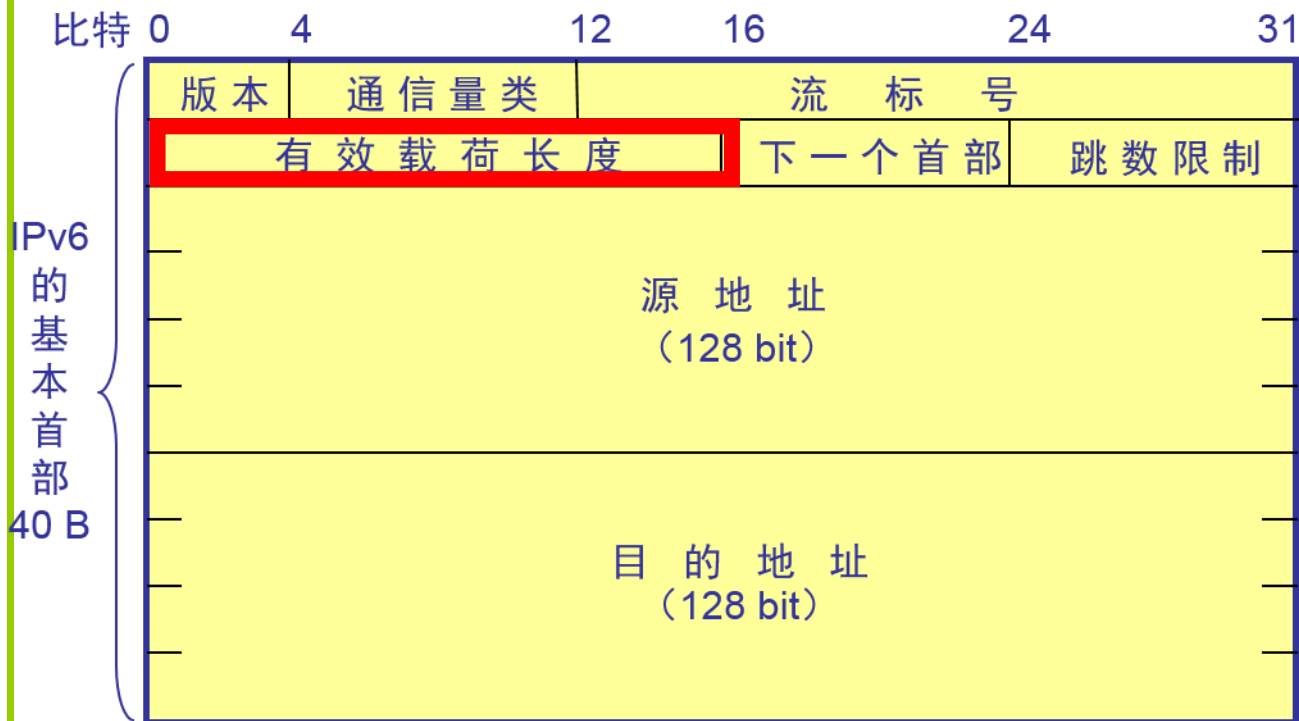
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



有效载荷长度(payload length)—— 16 bit。它指明 IPv6 数据报除基本首部以外的字节数（所有扩展首部都算在有效载荷之内），其最大值是 64 KB。



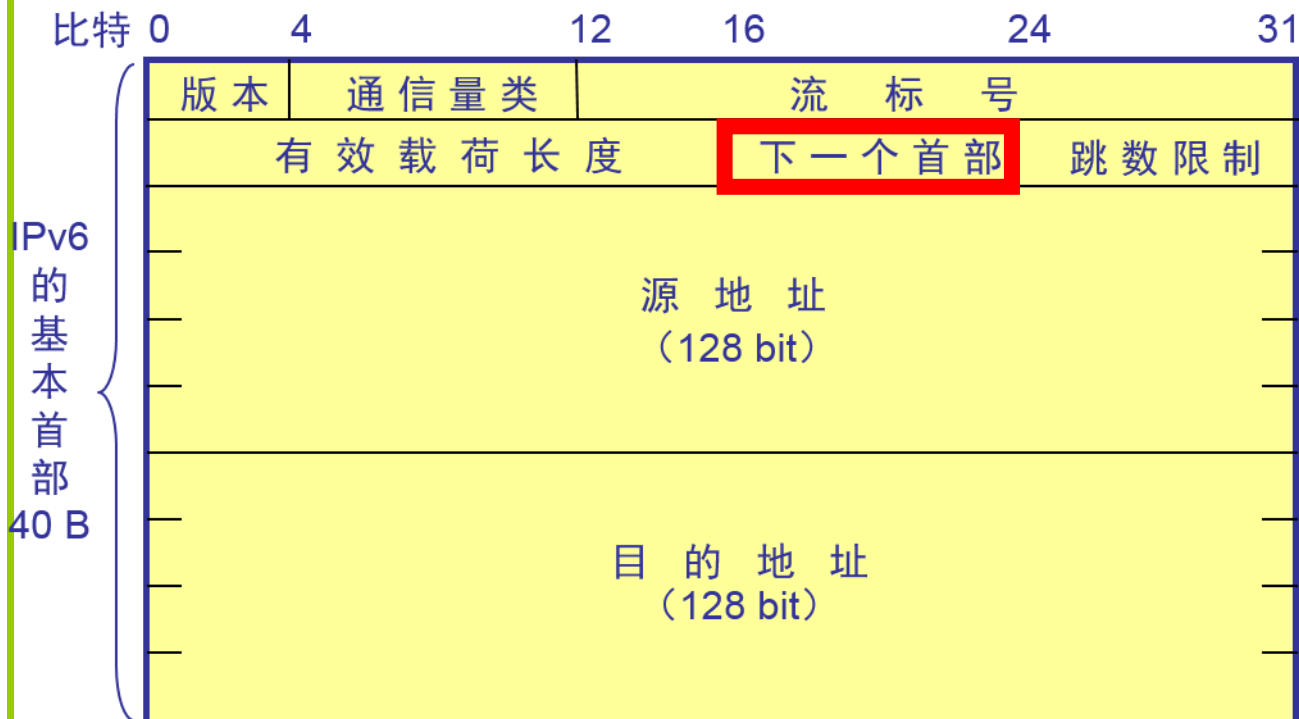
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



下一个首部(next header)—— 8 bit。它相当于 IPv4 的协议字段或可选字段，表示对应的高层协议（无扩展首部时）或者第一个扩展首部的类型（有扩展首部时）。



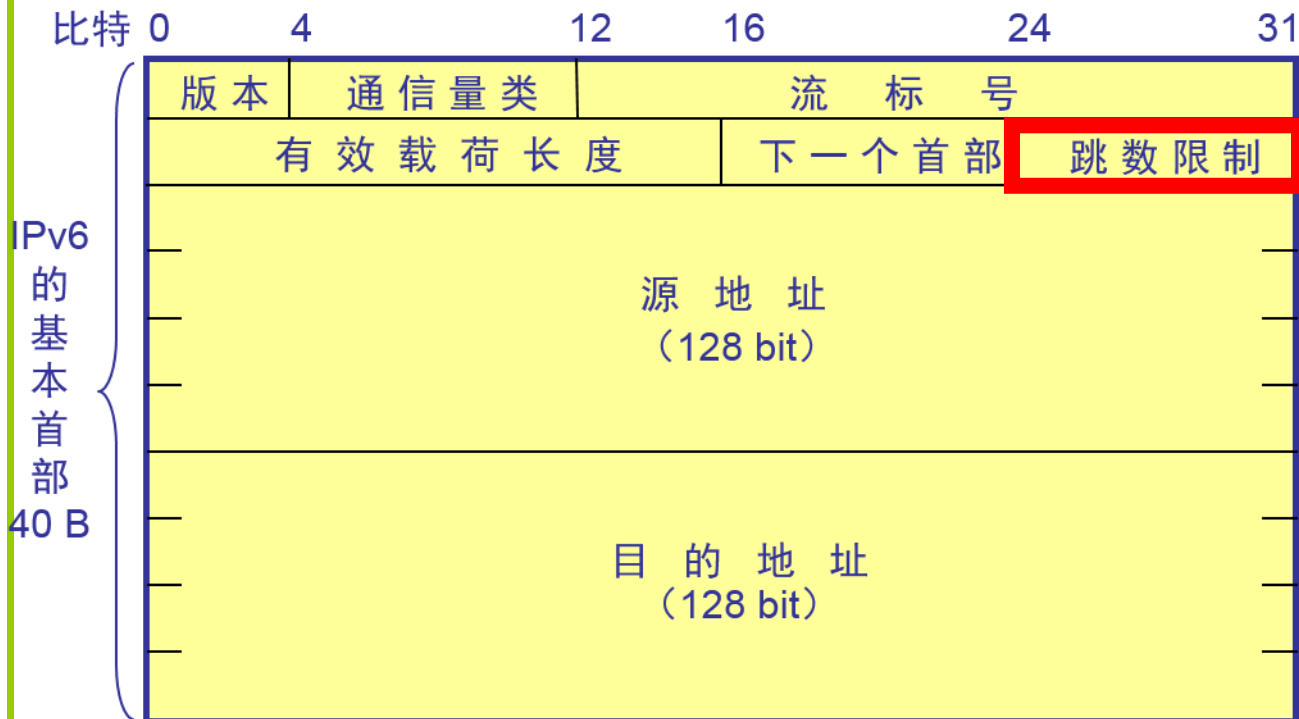
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



跳数限制(hop limit)—— 8 bit。源站在数据报发出时即设定跳数限制。路由器在转发数据报时将跳数限制字段中的值减1。当跳数限制的值为零时，就要将此数据报丢弃。



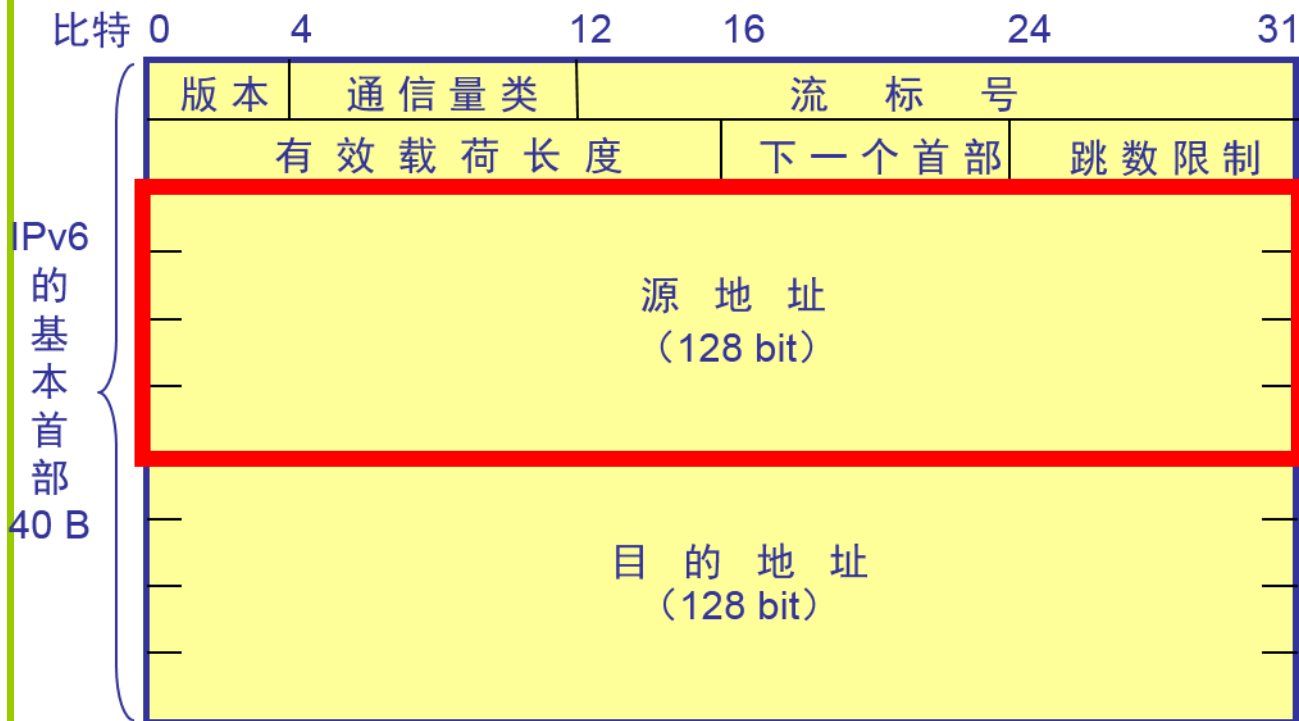
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



源地址—— 128 bit。是数据报的发送站的 IP 地址。





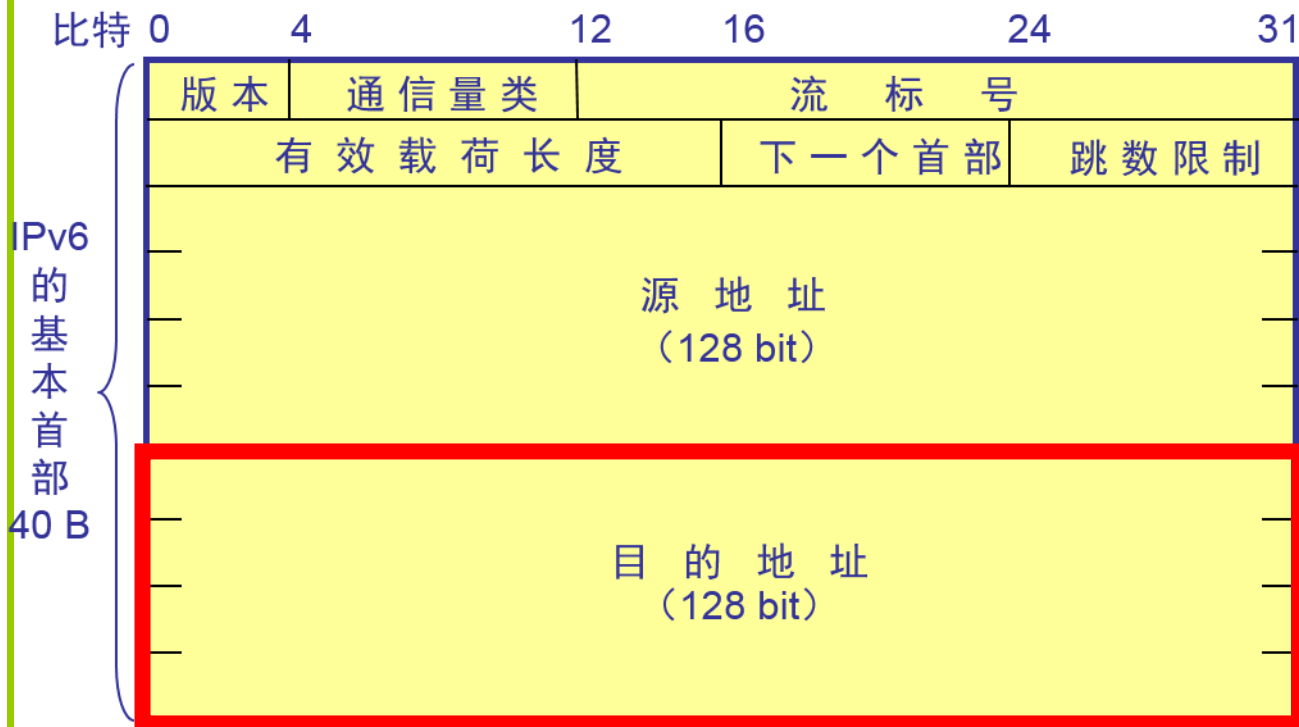
# IPv6的基本首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



目的地址—— 128 bit。是数据报的接收站的 IP 地址。



# IPv6的扩展首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- IPv6 把原来 IPv4 首部中选项的功能都放在**扩展首部**中，并将扩展首部留给路径两端的源站和目的站的主机来处理。
- 数据报途中经过的路由器都不处理这些扩展首部（只有一个首部例外，即逐跳选项扩展首部）。
- 这样就**大大提高了路由器的处理效率**。



# IPv6的扩展首部

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

在 RFC 2460 中定义了六种扩展首部：

- (1) 逐跳选项
- (2) 路由选择
- (3) 分片
- (4) 鉴别
- (5) 封装安全有效载荷
- (6) 目的站选项

每一个扩展首部都由若干个字段组成，它们的长度也各不相同。但所有扩展首部的第一个字段都是8位的“下一个首部”字段。此字段的值指出了在该扩展首部后面的字段是什么。



# IPv6的扩展首部示例

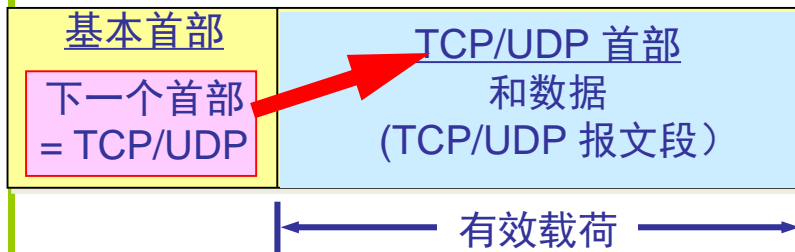
4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

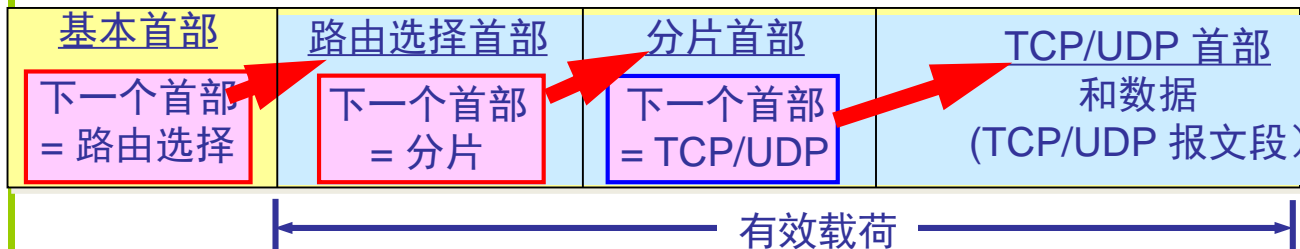
4.11 IPv6

4.12 IP多播

无扩展首部



有扩展首部





# 扩展首部举例

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

## 以分片为例

- IPv6 把分片限制为由源站来完成，路由器不允许分片。
- 分片扩展首部的格式如下：

位 0	8	16	29	31
下一个首部	保 留	片 偏 移	保 留	M
标 识 符				

- 片偏移：以8字节为单位
- M: More, 有效表示后面还有数据报
- 标识符：数据报标识号



# 冒号十六进制记法

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 每个 16 bit 的值用十六进制值表示，各值之间用冒号分隔。

68E6:8C64:FFFF:FFFF:0:1180:960A:FFFF

- 冒号十六进制记法可以允许零压缩(zero compression)，即一连串连续的零可以为一对冒号所取代。
- FF05:0:0:0:0:0:0:B3 可以写成：FF05::B3

任一地址中只能使用一次零压缩！！！！



# 点分十进制记法的后缀

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 冒号十六进制记法可结合使用点分十进制记法的后缀，这种结合在 IPv4 向 IPv6 的转换阶段特别有用。
- 例如：0:0:0:0:0:0:128.10.2.1  
再使用零压缩即可得出： ::128.10.2.1
- CIDR 的斜线表示法仍然可用。
- 例如：60 位的前缀 12AB00000000CD3 可记为：  
12AB:0000:0000:CD30:0000:0000:0000:0000/60  
或 12AB::CD30:0:0:0:0/60 （零压缩）  
或 12AB:0:0:CD30::/60 （零压缩）



# IPv6 地址分类

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

地址类型	二进制前缀
未指明地址	00...0（128位），可记为 ::/128。
环回地址	00...1（128位），可记为 ::1/128。
多播地址	11111111（8位），可记为 FF00::/8。
本地链路单播地址	1111111010（10位），可记为 FE80::/10。
全球单播地址	（除上述四种外，所有其他的二进制前缀）





# IPv6 地址分类

## 4.9 网际控制报文ICMP

## 4.10 路由选择协议RIP

## 4.11 IPv6

## 4.12 IP多播

- 未指明地址

- 这是 16 字节的全 0 地址，可缩写为两个冒号“::”。
- 这个地址只能为还没有配置到一个标准的 IP 地址的主机当作源地址使用。
- 这类地址仅此一个。

- 环回地址

- 即 0:0:0:0:0:0:0:1（记为 ::1）。
- 作用和 IPv4 的环回地址一样。
- 这类地址也是仅此一个。



# IPv6 地址分类

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- 多播地址
  - 功能和 IPv4 的一样。
  - 这类地址占 IPv6 地址总数的  $1/256$ 。
- 本地链路单播地址 (Link-Local Unicast Address)
  - 有些单位的网络使用 TCP/IP 协议，但并没有连接到互联网上。连接在这样的网络上的主机都可以使用这种本地地址进行通信，但不能和互联网上的其他主机通信。
  - 这类地址占 IPv6 地址总数的  $1/1024$ 。



# IPv6 地址分类

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- 全球单播地址

- IPv6 的这一类单播地址是使用得最多的一类。
- 曾提出过多种方案来进一步划分这 128 位的单播地址。
- 根据 2006 年发布的草案标准 RFC 4291 的建议， IPv6 单播地址的划分方法非常灵活。

结 点 地 址 (128 bit)

子网前缀 ( $n$  bit)

接口标识符 ( $128 - n$ ) bit

全球路由选择前缀 ( $n$  bit)

子网标识符 ( $m$  bit)

接口标识符 ( $128 - n - m$ ) bit

IPv6 单播地址的几种划分方法



# 从 IPv4 向 IPv6 过渡

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- 向 IPv6 过渡**只能采用逐步演进的办法**，同时，还必须使新安装的 IPv6 系统能够**向后兼容**：IPv6 系统必须能够接收和转发 IPv4 分组，并且能够为 IPv4 分组选择路由。
- 两种向 IPv6 过渡的策略：
  - 使用双协议栈
  - 使用隧道技术



# 双协议栈

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- 双协议栈 (dual stack) 是指在完全过渡到 IPv6 之前, 使一部分主机 (或路由器) **装有两个协议栈, 一个 IPv4 和一个 IPv6。**
- 双协议栈的主机 (或路由器) 记为 IPv6/IPv4, 表明它**同时具有两种 IP 地址: 一个 IPv6 地址和一个 IPv4 地址。**
- 双协议栈主机在和 IPv6 主机通信时是采用 IPv6 地址, 而和 IPv4 主机通信时就采用 IPv4 地址。
- 根据 DNS 返回的地址类型可以确定使用 IPv4 地址还是 IPv6 地址。



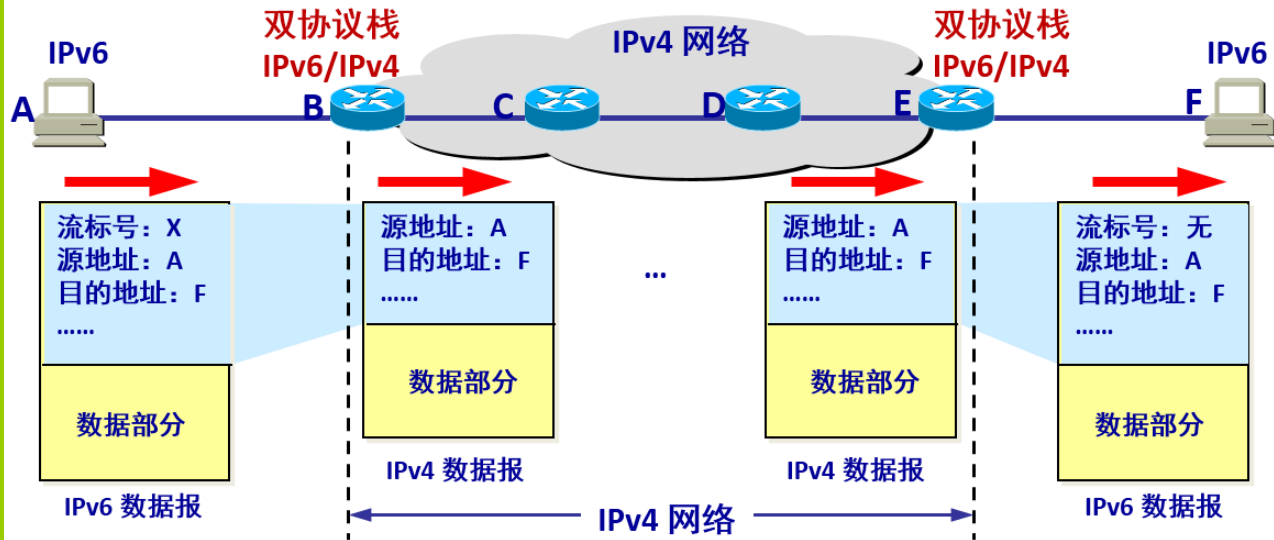
# 双协议栈

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播



使用双协议栈进行从 IPv4 到 IPv6 的过渡

缺点: 造成某些字段丢失



# 隧道技术

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

- 在 IPv6 数据报要进入 IPv4 网络时，把 IPv6 数据报封装成为 IPv4 数据报，整个的 IPv6 数据报变成了 IPv4 数据报的数据部分。
- 当 IPv4 数据报离开 IPv4 网络中的隧道时，再把数据部分（即原来的 IPv6 数据报）交给主机的 IPv6 协议栈。



# 隧道技术

4.9 网际控制报文ICMP

4.10 路由选择协议RIP

4.11 IPv6

4.12 IP多播

