

IPv6地址和报文结构详解

www.huawei.com





培训目标

- 学完本课程后，您应该能：
 - 分析IPv6地址的特点
 - 比较IPv6和IPv4地址的区别
 - 描述IPv6地址分配方式
 - 分析IPv6报文结构
 - 分析IPv6与IPv4报文的差异性



目 录

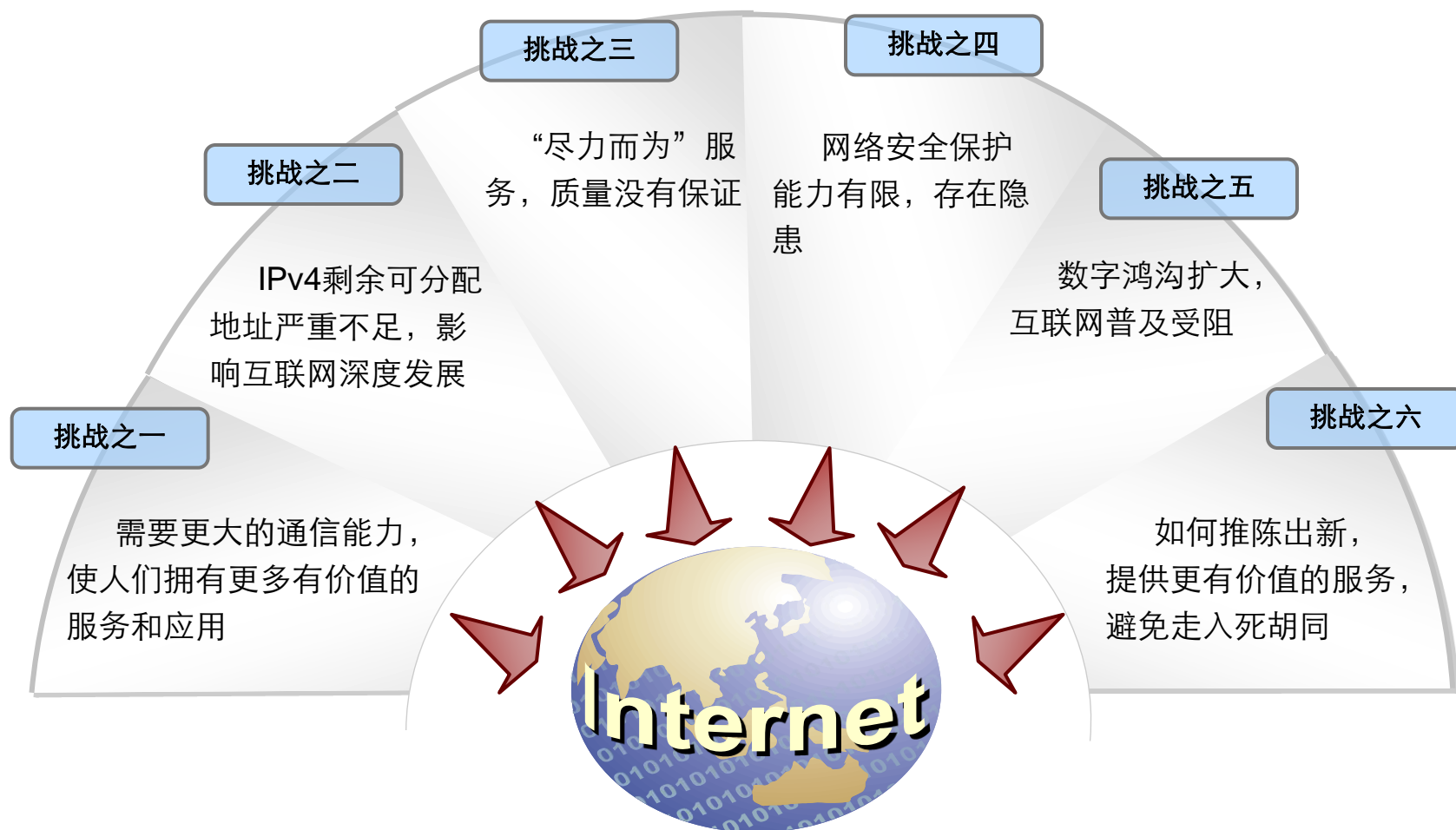
1. IPv6地址产生背景介绍
2. IPv6地址介绍
3. IPv6报文结构



目 录

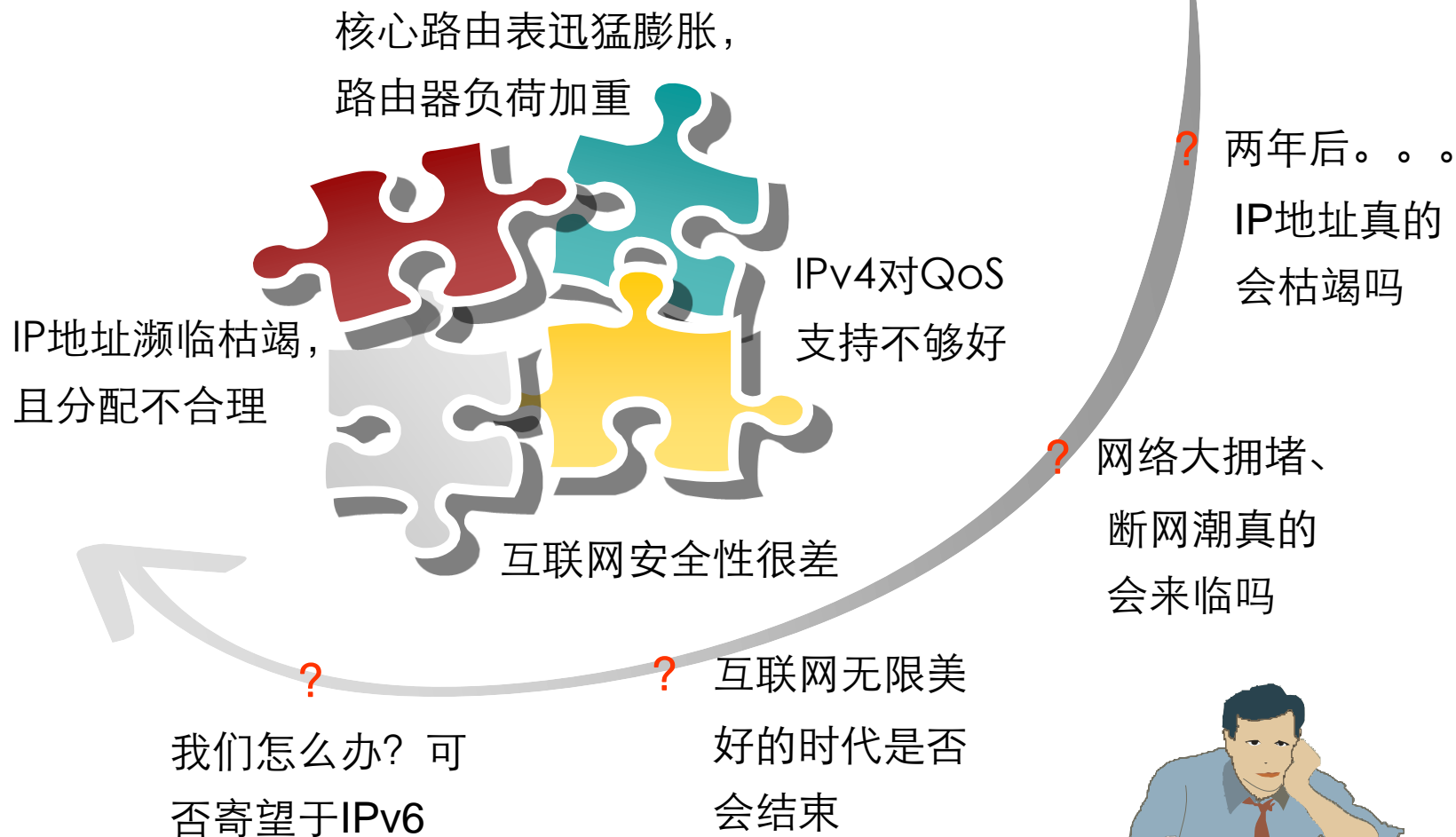
1. IPv6地址产生背景介绍
2. IPv6地址介绍
3. IPv6报文结构

互联网面临的挑战

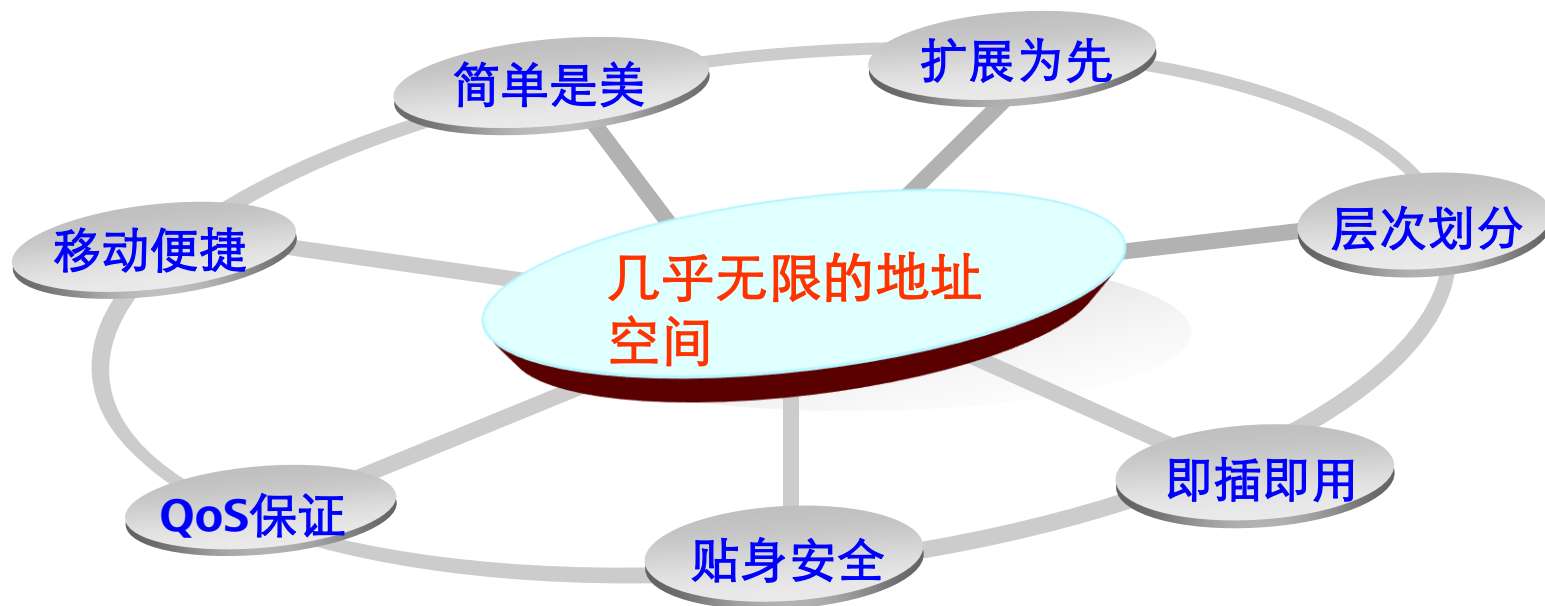


谁来拯救互联网，谁可堪当重任，IPv4、IPv6、还是其他？

IPv4网络现状



为什么使用IPv6



几乎无限的地址空间，全世界的每一粒沙子都会有相对应的一个IP地址

- 简化固定报文头，提高效率
- 灵活的扩展报头，协议易扩展
- 地址格式更具层次性，便于路由聚合
- 无状态自动配置，实现即插即用
- 网络层的IPSec认证与加密，端到端安全
- 新增流标记域，提供QoS保证
- 有效支持移动网络、实时通信



目 录

1. IPv6地址产生背景介绍
- 2. IPv6地址介绍**
3. IPv6报文结构



目 录

2. IPv6地址介绍

2.1 IPv6地址概述

2.2 IPv6地址类型

2.3 IPv6地址和IPv4地址比较

2.4 IPv6地址分配及举例

地址空间

- 为什么IPv6协议的地址长度是128位？
 - 芯片设计中数值的表示是全用“0”、“1”代表，CPU处理字长发展到现在分别经历了4位、8位、16位、32位、64位等
 - 当数据能用2的指数次幂字长位的二进制数表示时，CPU对数值的处理效率最高
 - IPv4地址对应的是32比特字长就是因为当时的互联网上的主机CPU字长为32位
 - 从处理效率和未来网络扩展性上考虑，将IPv6的地址长度定为128位是十分合适的
- IPv6的128位地址是一个什么概念？
 - 共有2的128次方个不同的IPv6地址
 - 地球上每一粒沙子都会有一个IP地址
 - 在可预见的很长时期内，IPv6地址耗尽的机会是很小的



地址空间(续)

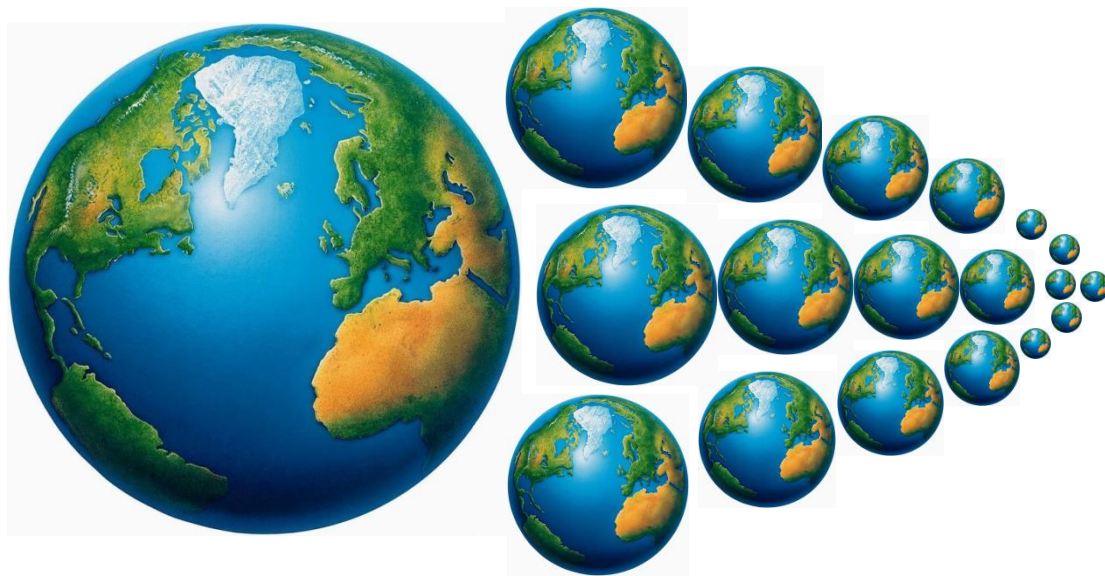
IPv4有 $(2^{32}) = 4,294,967,296$ 个地址，约等于43亿

IPv6有 $(2^{128} = 2^{96} \times 2^{32}) =$

340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 个地址(340万亿万亿个地址)，相当于地球表面每平方米可以分配到**67万亿个地址**



如果1个IPv4地址=1克
那么所有IPv4地址相
当于上海金茂大厦重量
的2/3



那么对于 IPv6.....
所有 IPv6地址将会是 1000,000,000 地球的重量

地址结构

- IPv6地址 = 前缀 + 接口标识
 - 前缀：相当于v4地址中的网络ID
 - 接口标识：相当于v4地址中的主机ID
 - 本地链路地址: fe80::5ed9:98ff:feca:a298
 - 全球单播地址: 2001:A304:6101:0001:5ED9:98FF:FECA:A298

IPv6 前缀	接口标识
2001:a304:6101:0001:	5ed9:98ff:feca:a298

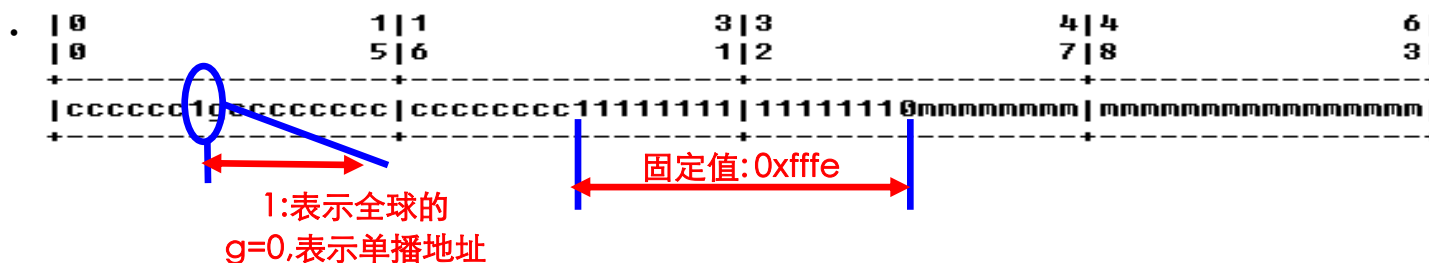
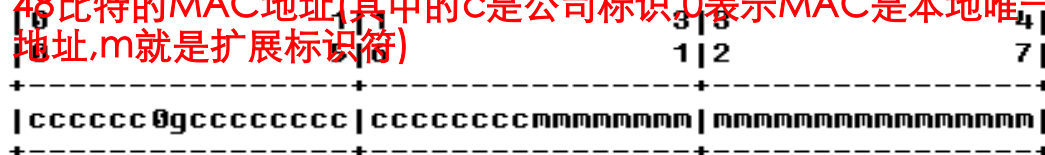
地址结构

- 接口ID如何生成

- 由IEEE EUI – 64规范自动生成

- 将48比特的MAC地址转化为64比特的接口ID

- 48比特的MAC地址(其中的c是公司标识,0表示MAC是本地唯一的,g标识MAC是单独/组地址,m就是扩展标识符)



- 设备随机生成

- 手工配置

地址格式

完整的IPv6地址格式是由IPv6地址加上前缀长度来表示

首选格式

- 用十六进制表示，如：FE08:....
- 4个数字一组(16bits)，中间用“:”隔开，如：2001:12FC:....
- 地址前缀长度用“/xx”来表示
- 例如：2001:0410:0000:0001:0000:0000:0000:45ff/64

压缩格式

- 若以零开头可以省略，连续全零的组可用“::”表示，如1:2::acde:....
- 一个地址中::只能出现一次
- 地址前缀长度用“/xx”来表示
- 例如：2001:410:0:1::45ff/64

内嵌IPv4地址的格式

- IPv6地址的其它部分（不包括IPv4地址的部分）可以采用首选或者压缩格式
- IPv6地址中内嵌的IPv4地址采用IPv4的十进制表示方法
- 地址前缀长度用“/xx”来表示
- 例如：0:0:0:0:0:0:166.168.1.2/64



目 录

2. IPv6地址介绍

2.1 IPv6地址概述

2.2 IPv6地址类型

2.3 IPv6地址和IPv4地址比较

2.4 IPv6地址分配及举例

地址类型

单播地址

标识一个接口，目的为单播地址的报文会被送到被标识的接口

组播地址

标识多个接口，目的为组播地址的报文会被送到被标识的所有接口

任播地址

标识多个接口，目的为任播地址的报文会被送到最近的一个被标识接口，最近节点是由路由协议来定义的

地址类型—单播地址(1/3)

IPv6单播地址的接口ID规约

- 那些前三个BIT不以000开头的单播地址，其接口ID必须为64个bit位
- 那些前三个BIT以000开头的单播地址，其接口ID的bit位个数没有这样的限制(例如IPv4兼容地址)

IPv6单播地址主要分为7类

- 未指定地址
- 环回地址
- 全球单播地址
- 内嵌IPv4地址的IPv6地址
- 链路本地地址
- 站点本地地址（目前已经被唯一本地地址取代）
- 唯一本地地址

地址类型—单播地址(2/3)

未指定地址

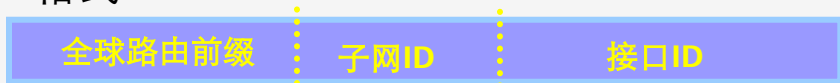
- 全0，表示为 ::/128
- 仅用于接口没有分配地址时作为源地址
- 在重复地址检测中出现
- 含有未指定地址的包不会被转发

环回地址

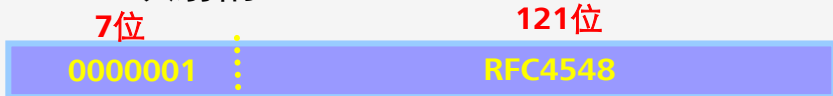
- 表示为 ::1/128
- 表示自己，如同IPv4中的127.0.0.1

全球单播地址 GUA

●格式



●NSAP映射的IPv6地址



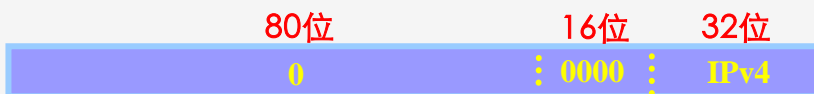
●已分配的全球路由前缀

- 2001::/16 Internet IPv6
- 2002::/16 6to4
- 2003::/16---3ffd::/16 未指定
- 3ffe::/16 6bone

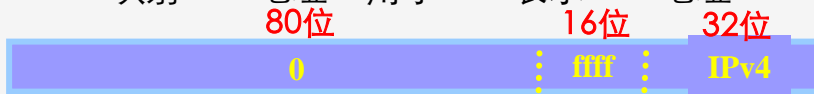
地址类型—单播地址(3/3)

内嵌IPv4地址的IPv6地址

- IPv4兼容IPv6地址：用于IPv4兼容IPv6自动隧道

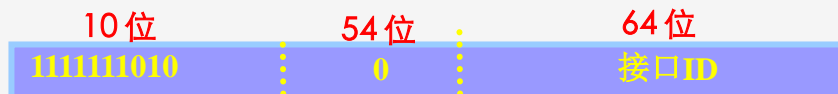


- IPv4映射IPv6地址：用于IPv6表示IPv4地址

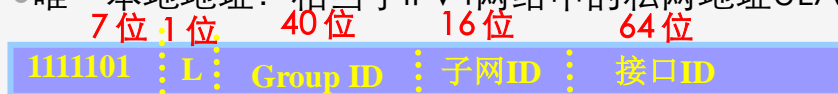


本地使用的IPv6地址 LLA

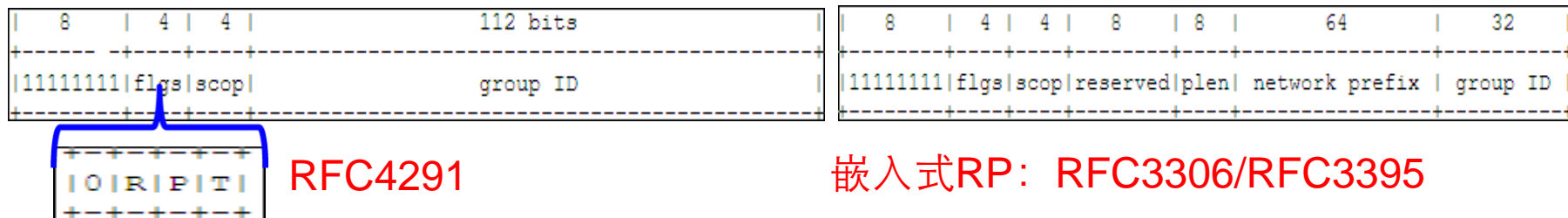
- 链路本地地址：在本地链路中使用



- 唯一本地地址：相当于IPv4网络中的私网地址ULA



地址类型—组播地址(1/2)



Flags

- 最高位：必须为0
- T: 0: 表示永久的组播地址; 1: 表示非永久的组播地址
- P: 0: 表示非基于单播前缀的组播地址; 1: 表示基于单播前缀的组播地址, 此时T必须为1
- R: 0: 表示非内嵌RP的组播地址; 1: 表示内嵌RP的组播地址, 此时T, P必须为1

Scope

- 0001: 本地接口范围, 单个接口范围有效, 仅用于Loopback
- 0010: 本地链路范围
- 0100: 本地管理范围, 管理员配置的
- 0101: 本地站点范围
- 1000: 本地组织范围, 属于同一个组织的多个站点范围
- 1110: 全局范围

Group ID

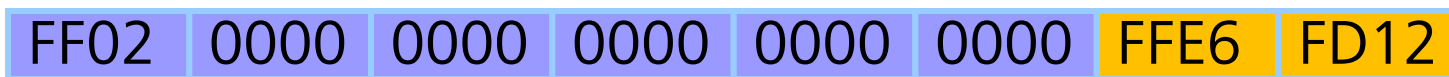
- 组播组ID

举例:

- FF00::至FF0F::为保留组播地址, 不允许被分配
- 所有节点地址: FF01::1、FF02::1
- 所有路由器地址: FF01::2、FF02::2、FF05::2
- 被请求节点地址: FF02::1:FFXX:XXXX, 其中X代表被请求节点单播地址的低24bit

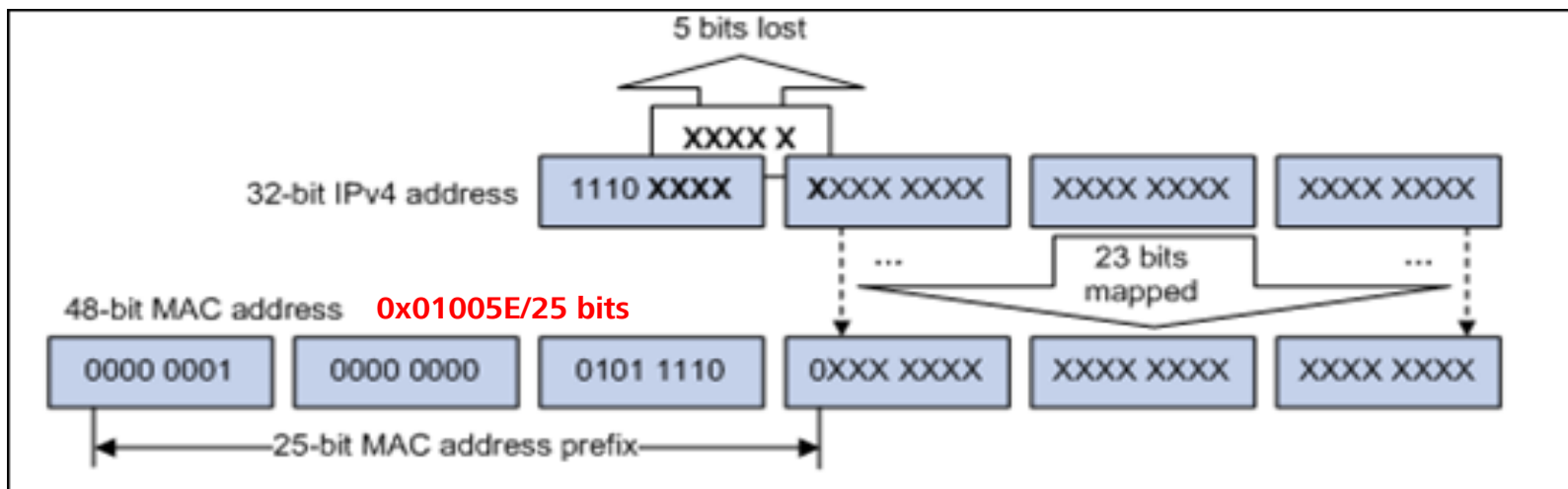
地址分类—组播地址(2/2)

128-bit IPv6
address



48-bit MAC
address

0x3333/16 bits



任播地址

- 代表一组接口，但是发往任播的报文只会被发送到最近的一个接口
- 任播地址与单播地址使用相同的地址空间，因此任播与单播的表示无任何区别；配置时须明确表明是任播地址，以此区别单播和任播
- **子网路由器任播地址**：发往该任播地址的报文会被发到该子网所有路由器中离得最近的一个，地址格式如下：





目 录

2. IPv6地址介绍

2.1 IPv6地址概述

2.2 IPv6地址类型

2.3 IPv6地址和IPv4地址比较

2.4 IPv6地址分配及举例

IPv6地址和IPv4地址比较

比较项目	IPv4	IPv6
地址空间	2^{32} (4,294,967,296)	2^{128} (340个1000的12次幂)
地址语法	点分十进制，32位地址每8位分成一段。这8位长的段换算成等价的十进制数值，并用点号隔开。	128位地址每16位分成一段，每个16位段换算成4位十六进制数，并用冒号隔开。
	通常用一个等于前缀长度的点分十进制数作为子网掩码。	不使用子网掩码，仅支持前缀长度表示法。
地址类型	单播、多播、广播	单播、多播、任播
互联网路由特征	单级路由和多级路由混合	从最基本的设计起都支持高效、多级寻址和路由。
地址中主机ID长度	可变	单播IPv6地址主机ID是固定为64比特
等价地址	Internet地址类别	IPv6中无此概念
	多播地址 (224.0.0.0/4)	IPv6多播地址 (FF00::/8)
	广播地址	IPv6中无此概念
	未指定的地址0.0.0.0	未指定的地址是::
	环回地址：127.0.0.1	环回地址是::1
	公共IP地址	全球单播地址
	私有IP地址 (10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12以及192.168.0.0/16)	唯一本地 (FD00::/8) 或者站点本地地址(FEC0::/10) (不推荐)
	APIPA地址 (169.254.0.0/16)	链路本地地址 (FE80::/64)
	文本表示：点分十进制表示法	文本表示：前导零压缩以及零压缩的十六进制冒号表示法
	前缀表示：以十进制点号表示的子网掩码或者是前缀长度的表示法	前缀表示：仅仅只有前缀长度的表示法



目录

2. IPv6地址介绍

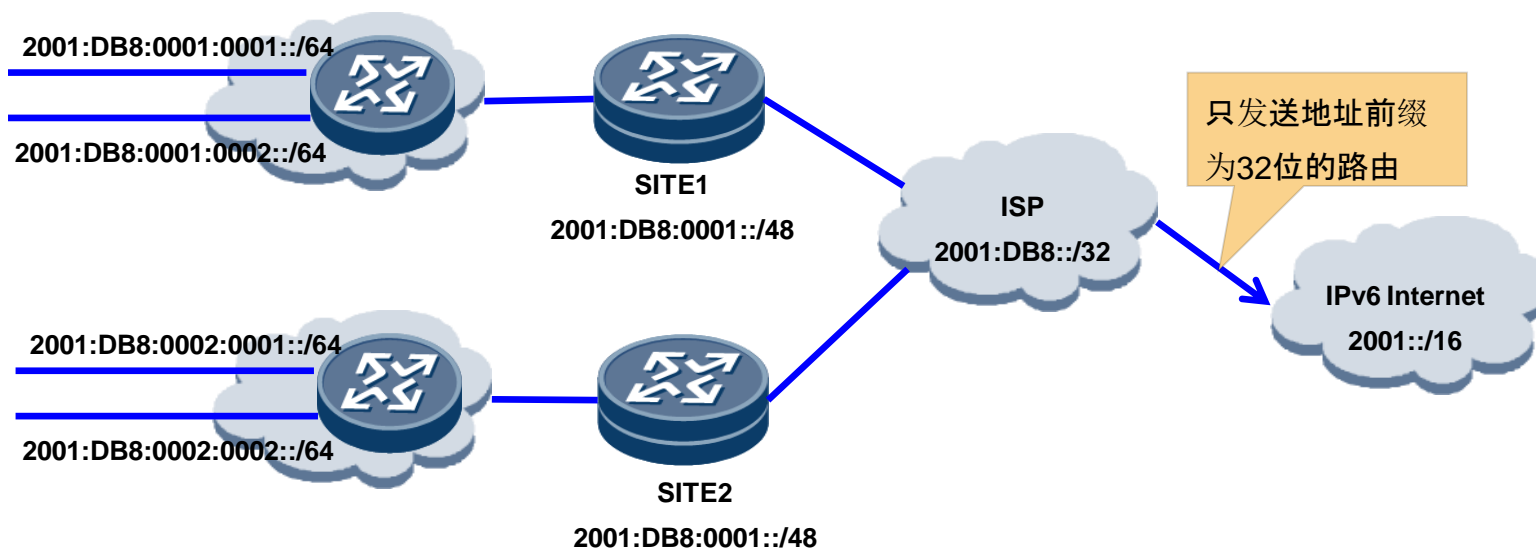
2.1 IPv6地址概述

2.2 IPv6地址类型

2.3 IPv6地址和IPv4地址比较

2.4 IPv6地址分配及举例

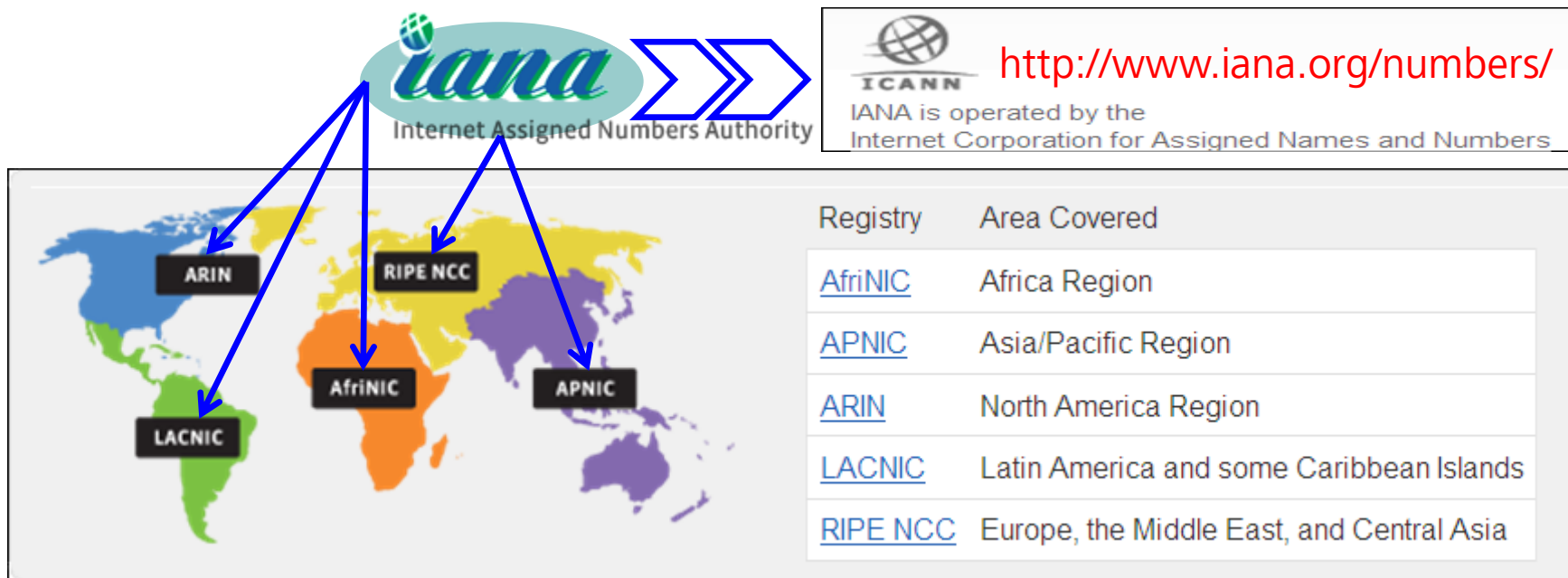
IPv6地址层次



优势

- 利于路由快速查找
- 借助路由聚合，有效缩短路由表长度
- 提高路由器报文转发效率

IPv6地址分配机构



● Internet Protocol Version 6 (IPv6), IPv6地址哪些是受控的, 需要申请? :

- ❑ Announcement of Worldwide Deployment of IPv6 (14 July 1999)
- ❑ RIR Comparative Policy Overview
- ❑ IPv6 Address Space
- ❑ IPv6 Global Unicast Allocations
- ❑ IPv6 Parameters (Parameters described for IPv6, including header types, action codes, etc.)
- ❑ IPv6 Anycast Address Allocations
- ❑ IPv6 Multicast Address Allocations
- ❑ IPv6 Sub-TLA Assignments (DEPRECATED)
- ❑ IANA IPv6 Special Registry

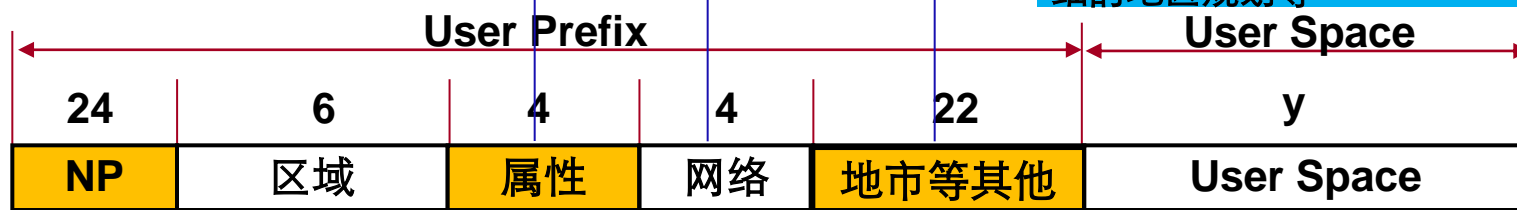


IPv6地址分配案例介绍

城域网内4位标识区域内前缀的地址类型，例如：0000-网络设备地址，0010~0111-固网用户，111~IDC等

标识网络的类型，比如城域网或者承载网，A网,B网等。

用于设备类型，更细的地区规划等

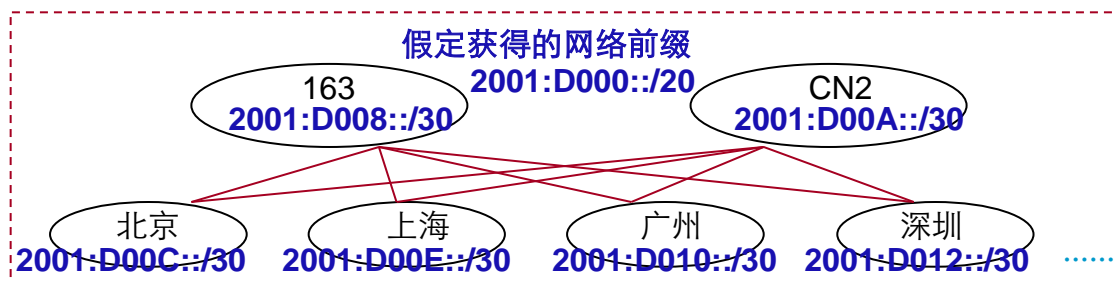


标识独立管理的区域网络，包括骨干网和省/城域网，6位可标识64个省级单位，每个省/城域网可预留连续的1-N个编号

从APNIC获得的前缀

骨干

城域





目 录

1. IPv6地址产生背景介绍
2. IPv6地址介绍
- 3. IPv6报文结构**

IPv6报文构成

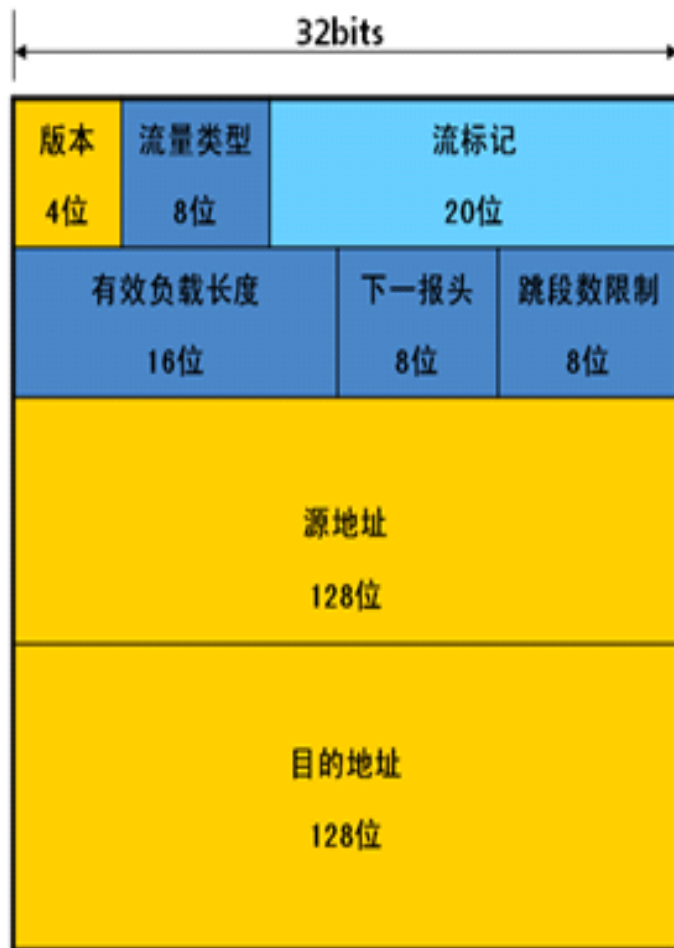


- IPv6报文一般由三个部分组成：
 - **基本报头**：包括报文转发的基本信息，路由器通过基本报头解析就能完成绝大多数的报文转发任务
 - **扩展报头**：包括一些扩展的报文转发信息，该部分不是必需的，也不是每个路由器都需要处理，一般只有目的路由器（或者主机）才处理扩展报头
 - **上层协议数据单元**：一般由上层协议报头和它的有效载荷构成，该部分与IPv4的上层协议数据单元没有任何区别

IPv6基本报头



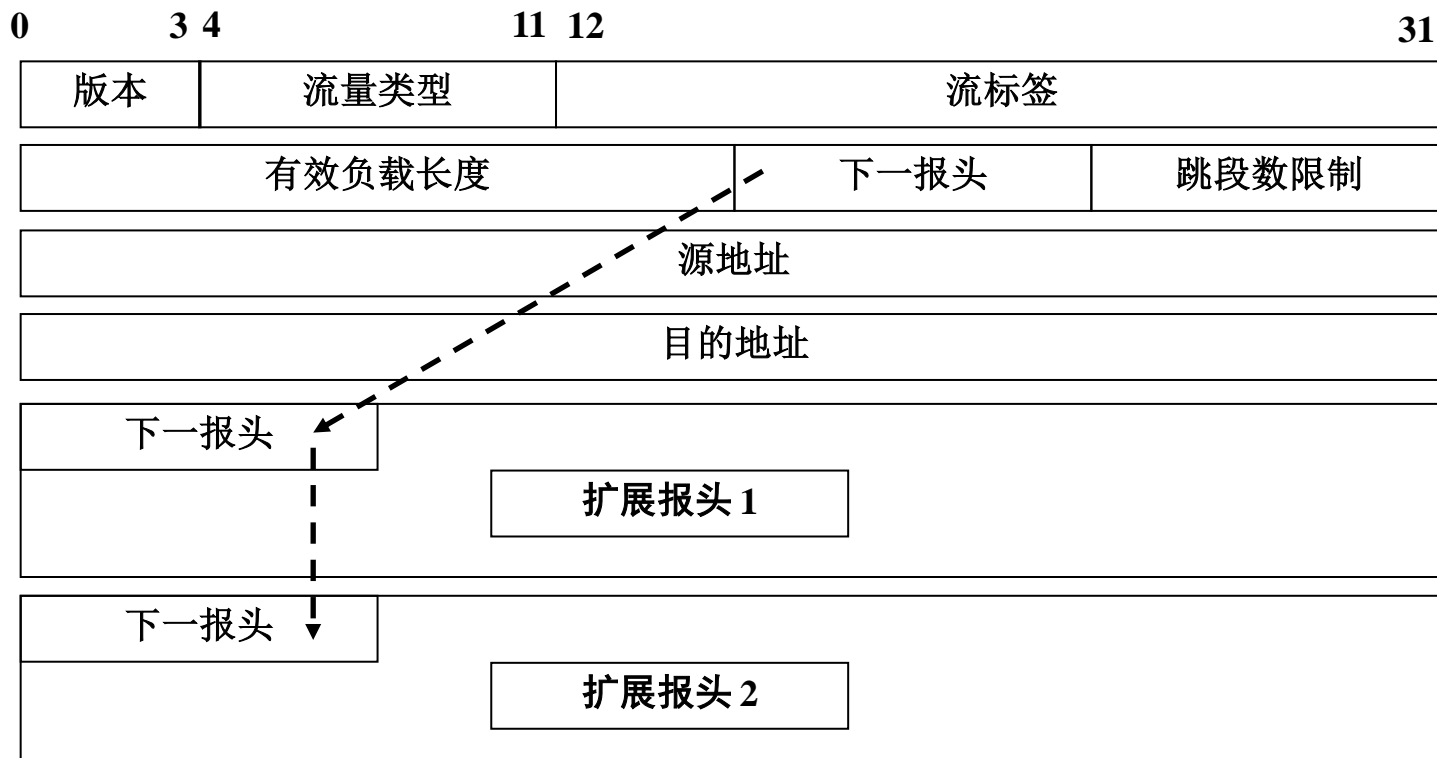
IPv4报头



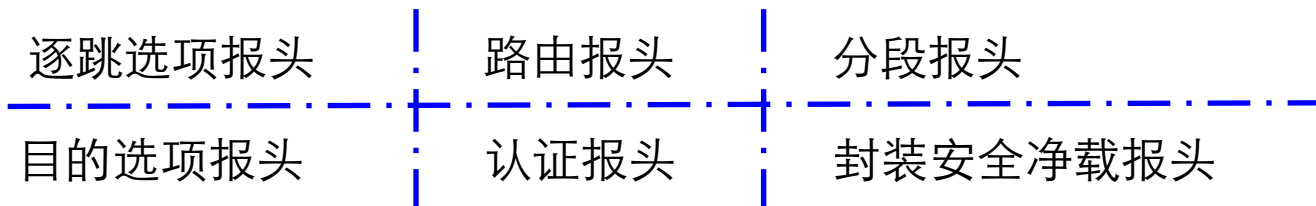
IPv6报头

- 将所有可选字段移出IPv6报头，或删除或置于扩展报头中
- 服务类型、传输协议和生存时间3个域的名称或部分功能被改变
- 新增加了1个域，即流标签
- 固定的基本报头长度（40字节），故不需要消耗过多的内存容量

IPv6扩展报头



扩展报头类型:



IPv6扩展报头(续)

基本报头

逐跳选项报头

目的选项报头

路由报头

分段报头

认证报头

封装安全净载报头

目的选项报头

上层协议数据报文

- 扩展报头规约:

- 扩展报头必须按如左排列的顺序出现
- 除目的选项报头外，每种扩展报头只能出现一次
- 目的选项头最多出现2次，1次在路由报头之前，1次在上层协议数据报文之前，如果没有路由报头，则只能出现一次
- 基本报头、扩展报头和上层协议数据报文的相互关系如下:

IPv6 Header
Next Header = 6
(TCP)

TCP Segment

IPv6 Header
Next Header = 43
(Routing)

Routing Header
Next Header = 6
(TCP)

TCP Segment

IPv6 Header
Next Header = 43
(Routing)

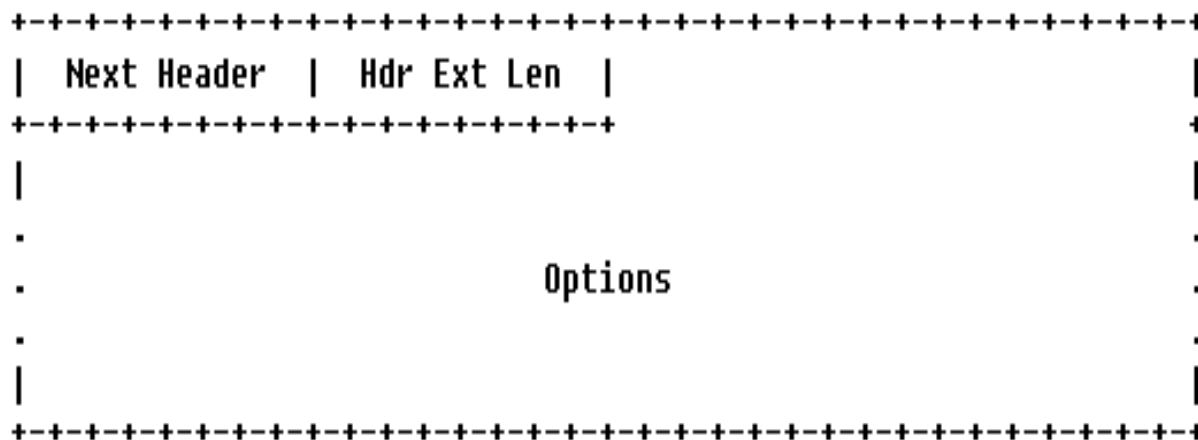
Routing Header
Next Header = 44
(Fragment)

Fragment Header
Next Header = 6
(TCP)

TCP Segment
fragment

IPv6扩展报头——逐跳选项头（1/4）

- 逐跳选项头（NextHeader=0）



- Next Header表示下一个报头的协议类型
- Hdr Ext Len表示逐跳选项头的长度（不包括Next Header）
- Options是一系列选项字段和填充字段的组合

IPv6扩展报头——逐跳选项头（3/4）

- 逐跳选项头——Options的填充段
 - 为了保证Hop-by-Hop选项头的长度为64bits的整数倍（便于64bits处理），经常需要在Options中添加填充段，填充段有两种

- PAD1：单个字节填充

```
+---+---+---+---+---+---+
|           0           |
+---+---+---+---+---+---+
```

- PADN：多字节填充

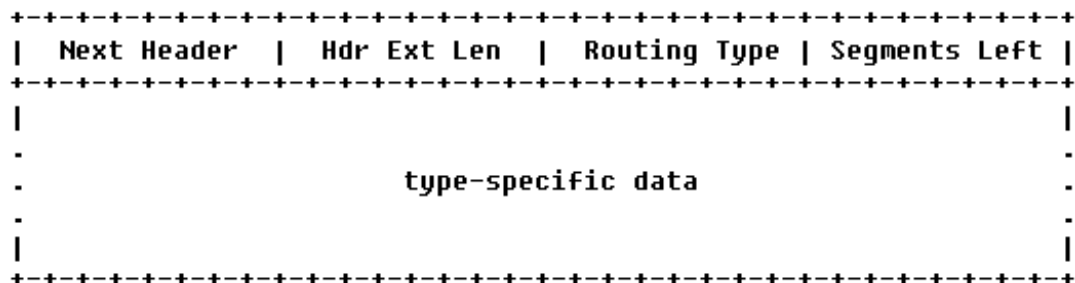
```
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
|           1           | Opt Data Len | Option Data
+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+---+
```

IPv6扩展报头——逐跳选项头（4/4）

- 逐跳选项头作用
 - 用于巨型载荷（载荷长度超过65535字节）
 - 用于路由器提示，使路由器检查该选项的信息，而不是简单的转发出去
 - 用于资源预留RSVP

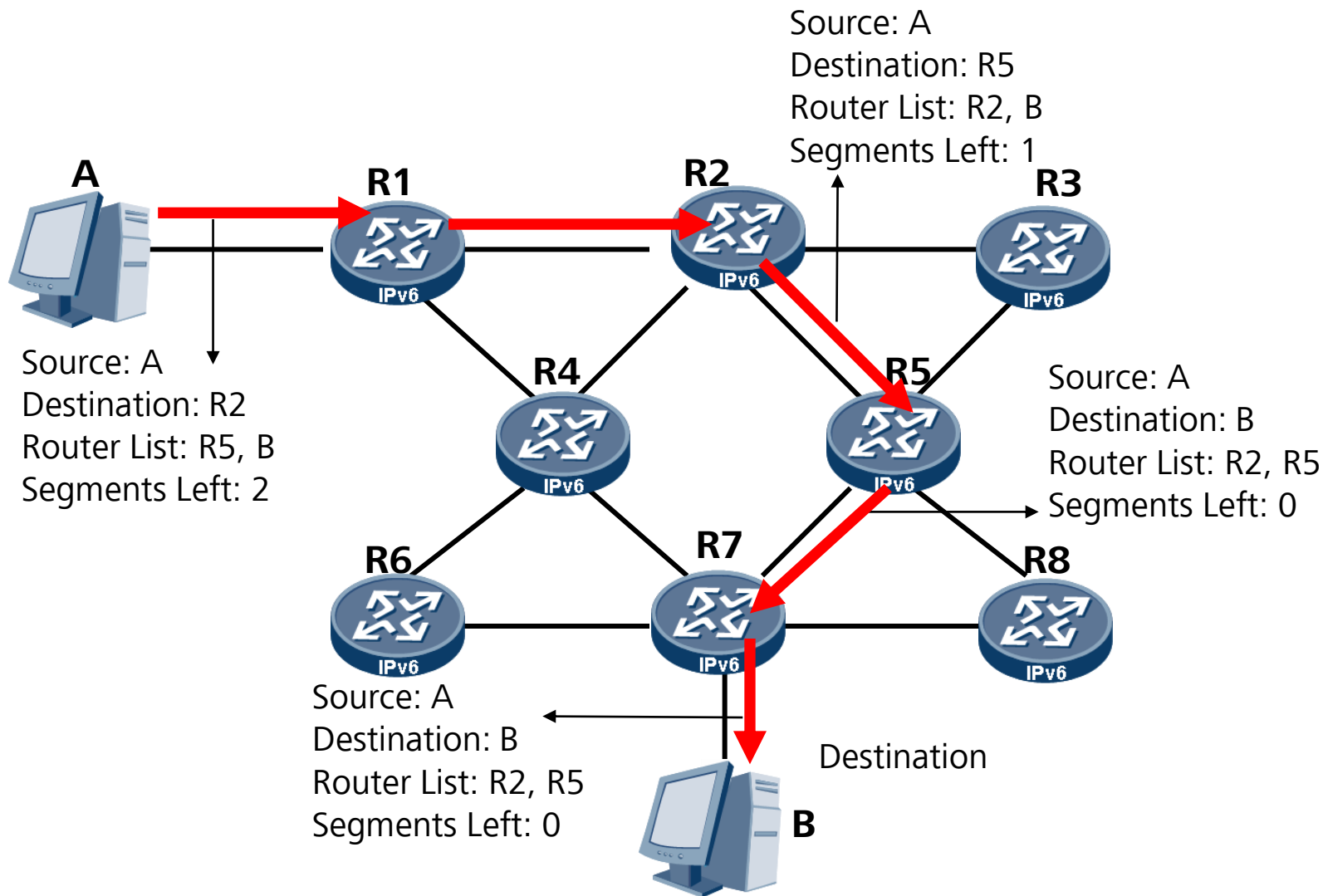
IPv6扩展报头——路由扩展头（1/2）

- 路由扩展头（Next Header=43）
 - 用于指定报文转发必须经过的中间节点



- Next Header表示下一个头的协议类型
- Hdr Ext Len表示扩展头的长度（不包括Next Header）
- Routing Type表示路由类型，对应后面的类型数据type-specific data。目前RFC2460中只定义了Routing Type=0的情况
- Segments Left表示到达最终目的地还需要经过多少个必须的中间节点
- Type-specific data根据Routing Type的值，给出相应的转发数据。RFC2460中定义的Routing Type=0时，Type-specific data就是指定要经过的中间节点的地址列表。

IPv6扩展报头——路由扩展头（2/2）



IPv6扩展报头——分段扩展头

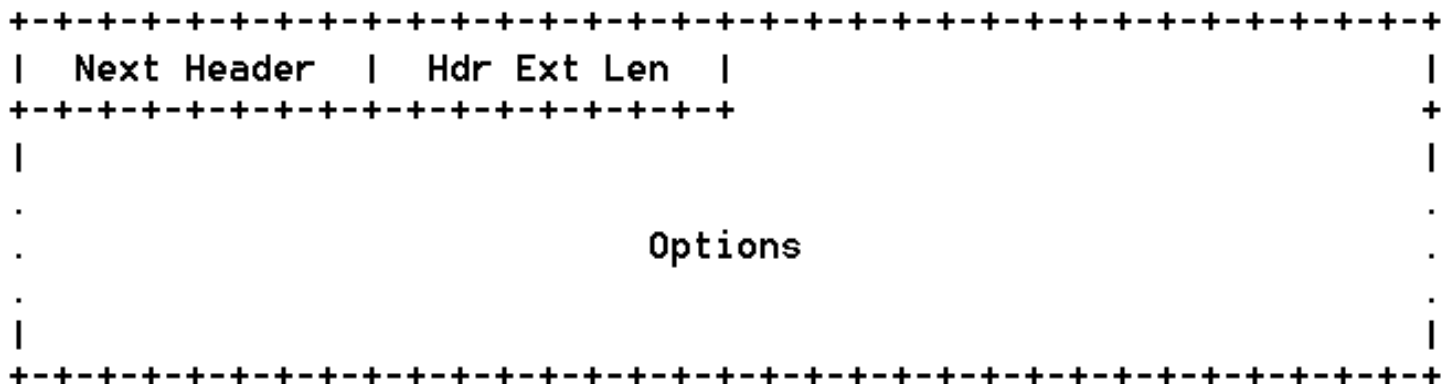
- 分段扩展头（Next Header=44）
 - 当报文超过了MTU时就需要将报文分段发送，分段发送通过分段扩展头来完成；

```
+-----+
| Next Header | Reserved | Fragment Offset | Res|M|
+-----+
| Identification |
+-----+
```

- Next Header表示下一个报文头
- Reserved是保留字段
- Fragment Offset表示分段偏移量，就是指报文段在原始报文中的位置偏移量
- Res是保留字段
- M flag：1表示后续还有分片报文，0表示最后一个分片报文
- Identification表示分段的ID

IPv6扩展报头——目的选项头

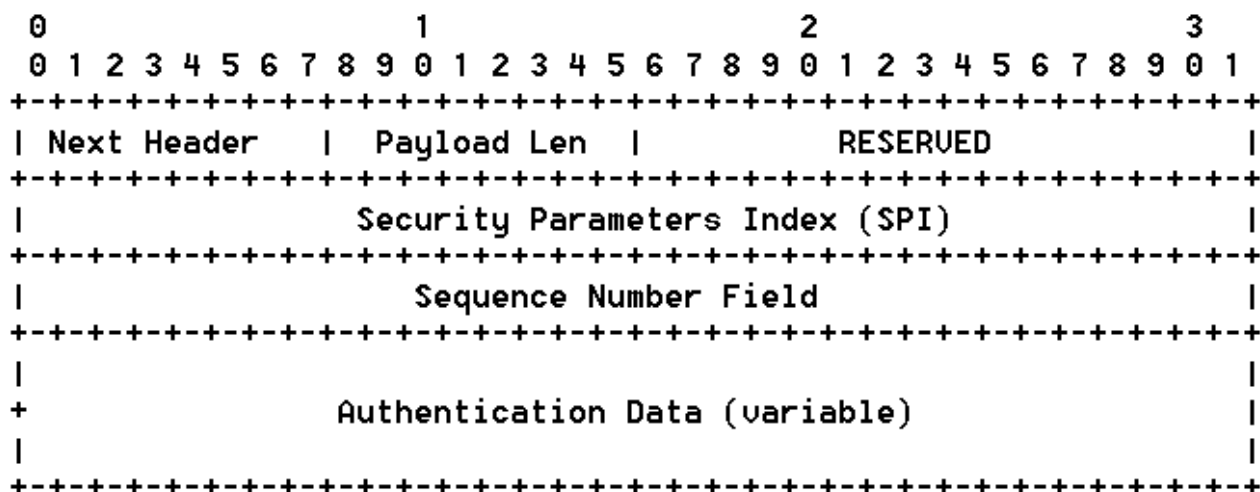
- 目的选项头（Next Header=60）



- ▣ 参数含义与逐跳选项头相同，目的地选项头包含目的地需要处理的信息
- ▣ 报文的最终目的地和路由头地址列表中的节点都会检查该选项
- ▣ 可出现2次：路由头之前和上层数据之前

IPv6扩展报头——认证扩展头

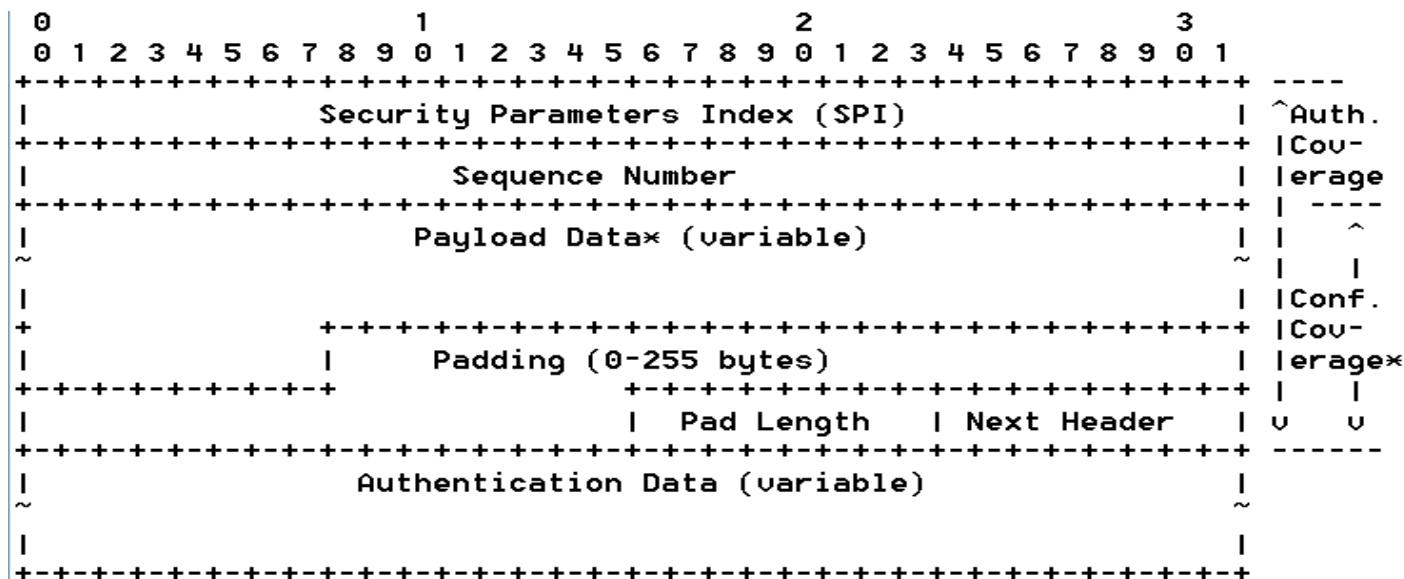
- 认证扩展头 (Next Header=51)



- ▣ 认证扩展头用于提供IP报文的认证等功能，应用于IP安全
- ▣ RFC2402中定义了该扩展头的具体细节

IPv6扩展报头——封装安全净载扩展头

- 封装安全净载扩展头 (Next Header=50)



- ▣ 封装安全净载扩展头主要应用于IP安全
- ▣ RFC2406中定义了该扩展头的具体细节

IPv6和IPv4报头结构对比

比较项目	IPv4	IPv6
报头字段	版本	相同字段，但是版本号不同
	Internet报头长度	已从IPv6中删除。IPv6不包括报头长度字段，因为IPv6报头总是40字节的固定长度。每个扩展报头或者是固定长度或者标识了自己的长度。
	服务类型	由IPv6的通信流类别字段取代
	总长度	由IPv6的有效负载长度字段取代，这个字段仅表示有效负载的长度。
	标识符	已从IPv6中删除。片段信息并不包含在IPv6报头中。而是包括在片段扩展报头中。
	标签	
	片段偏移	
	生存时间	由IPv6的跳限制字段取代
	协议	由IPv6的下一个报头字段取代
	报头校验和	已从IPv6中删除。链路层有对整个IPv6数据包做比特层面的错误检测的校验和。
	源地址	保持不变，除了IPv6的地址是128比特长。
	目的地址	保持不变，除了IPv6的地址是128比特长。
	选项	已从IPv6中删除。IPv6扩展报头取代了IPv4选项。

IPv6和IPv4报头结构对比(续)

比较项目	IPv4	IPv6
报头字段数目	12（包括选项）	8
必须由中间路由器处理的字段数目	6	4
报头选项的处理	IPv4报头包含了所有的选项，因此，每个中间路由器都必须检查他们是否存在，如果存在，则进行处理，这会降低IPv4数据包转发过程的效率。	IPv6中，发送和转发选项被移至扩展报头中。中间路由器必须处理的唯一一个扩展报头就是逐跳选项扩展报头。这加快了IPv6报头的处理速度并提高了转发效率。
片段字段	片段标签组合了片段标签和片段偏移字段后得到的16位中的高3位。	用于片段标签的是组合了片段标签和片段偏移字段后得到的16位中的低3位。
	标识字段是16位长。	标识字段是32位长，没有不要拆分（DF）的标签，因为IPv6路由器绝不执行拆分操作。



总 结

- 本课程介绍的主要内容包括：
 - IPv6地址的基本概念
 - IPv6地址的类型
 - IPv6地址和IPv4地址的异同
 - IPv6报文结构
 - IPv6报文和IPv4报文的异同

谢谢

www.huawei.com