

5.7 IPv6的地址类型

- ◆ A. 地址分类：1998RFC2460对IPv6的地址类型分为三类
 - ♣ 单播—unicast：目的地址指明一个单一的计算机（single interface），可是主机或路由器，发送到unicast的包将选择一条最短的路径到达目的站
 - ♣ 近播—anycast（集群...）：目的地址是共享一个地址前缀的计算机集合（a set of interfaces），典型的情况是在**同一物理网络上的不同节点**，发送到anycast地址的包将选择一条最近路径到达该集群（路由度量距离最近的节点）中一个。
 - ♣ 组播-multicast：目的地址是一组计算机（a set of interfaces），典型情况是属于不同网路的不同节点，发送到一个multicast地址的包将通过硬件或广播投递给组中的每个成员。IPv6中没有广播地址，其功能可由组播取代
- ◆ 所有IPv6地址都是分配给interface而不是node的，所有接口都必须有至少一个link-local unicast，一个单接口可分配任何一种类型的多重地址（uni/any/multicast）或地址范围
- ◆ 子网前缀仅与一条链路相连（继承v4），但多重子网前缀可分配给同一条链路

B. 地址类型的表示

- ◆ 一个IPv6地址的具体类型是由其领先的bits决定的
- ◆ 包含这些比特的变长字段称为格式前缀FP (Format Prefix)
- ◆ 其最初的分配表如下

分配	前缀		所占比例
	2进制	16进制	
保留	0000 0000	0::/8	1/256
未分配	0000 0001	100::/8	1/256
为NSAP分配保留	0000 001	200::/7	1/128
为IPX分配保留	0000 010	400::/7	1/128
未分配	0000 011	600::/7	1/128
未分配	0000 1	800::/5	1/32
未分配	0001	1000::/4	1/16
可聚类全局 unicast地址	001	2000::/3	1/8
未分配	010	4000::/3	1/8
未分配	011	6000::/3	1/8
未分配	100	8000::/3	1/8
未分配	101	A000::/3	1/8
未分配	110	C000::/3	1/8
未分配	1110	E000::/4	1/16
未分配	1111 0	F000::/5	1/32
未分配	1111 10	F800::/6	1/64
未分配	1111 110	FC00::/7	1/128
未分配	1111 1110 0	FE00::/19	1/512
Link-local Unicast 地址	1111 1110 10	FE80::/10	1/1024
Site-local Unicast地址	1111 1110 11	FEC0::/10	1/1024
Multicast地址	1111 1111	FF00::/8	1/256

表中内容的几点说明

- ◆ 不要把保留地址和未分配地址混淆, 保留地址不等于**未分配**地址
- ◆ **保留地址**有3种, 共占 $2^{128-8}/2^{128} = \text{占} 1/256$, 由前缀**0000** **0000**表示,
 - ☞ 全零地址—没有规定的地址
 - ☞ Loopback地址—回送地址
 - ☞ 嵌入到了IPV4地址的IPV6地址
- ♣ 其它保留地址
 - ☞ 0000 001: 为NSAP (Network Service Access Point) 保留, 占空间1/128
 - ☞ 0000 010: 为Novell的IPX保留, 占空间1/128

- ◆ 前缀为001—111，除Multicast地址（1111 1111）外，都必须有64 Bits的EUI-64G格式的接口标识符
- ◆ 表上的分配仅仅使用了地址空间的15%，剩余的85%留待今后使用
- ◆ 这种分配方式支持聚类地址、本地使用地址和Multicast地址的直接分配，剩余空间既可支持现有使用扩展（如附加可聚类地址），也可用于新的领域
- ◆ Unicast 和 multicast 的地址靠最高8位来区分，**FF**表示是multicast地址，其它是Unicast地址
- ◆ **Anycast 地址从Unicast中分出，格式上同Unicast没有区分**

C. Unicast 地址 (RFC2374)

- ◆ Unicast地址严格聚类，具有连续的子网掩码
- ◆ 目前的Unicast地址分配的几种形式是
 - ♣ 全局可聚类地址
 - ♣ NASP地址
 - ♣ IPX层次地址
 - ♣ Link-Local地址
 - ♣ Site-Local地址
 - ♣ IPv4兼容主机地址
 - ♣ 将来可定义的其它地址类型

IPv6地址的结构

- ◆ IPv6地址结构的解释依据节点所扮演的角色（主机或者是路由器），最小情况下，可认为没有任何内在的结构，如图1
- ◆ 稍复杂一点的主机，可能知道与其相连子网的 n 位前缀，如图2

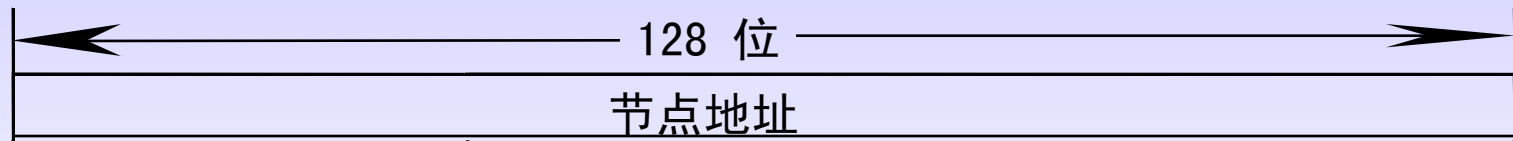


图1. 没有内在结构的Unicast地址

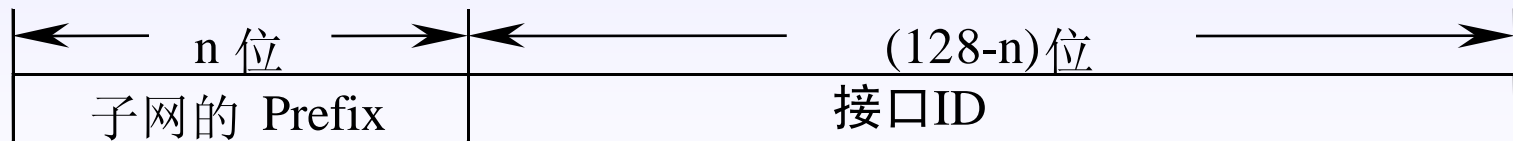


图2. 有子网前缀的Unicast地址

C.1 接口标识符

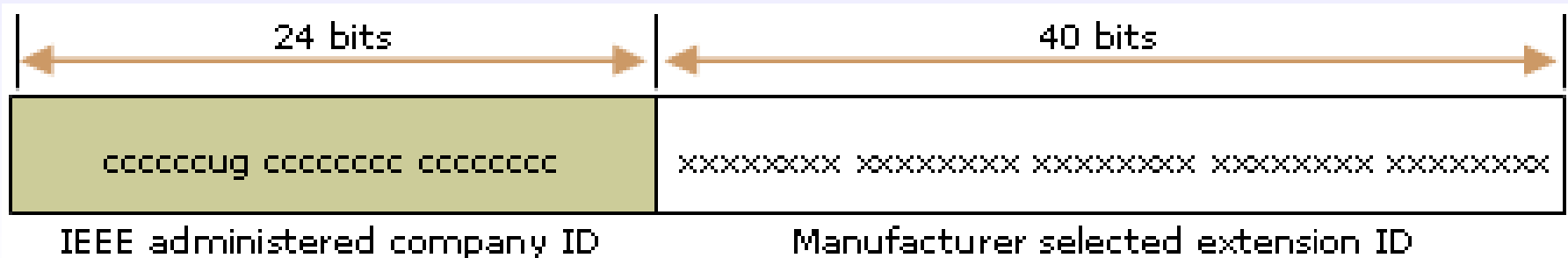
◆ IEEE EUI-Extended Unique Identifier: 扩展唯一标识符

- ♣ RFC 2373 规定所有unicast地址必须有64比特的EUI-64的接口ID
- ♣ EUI来自IEEE 802 Address, 24位制造商地址, 24位板地址—合成为硬件、物理或MAC地址



◆ EUI-64的接口ID

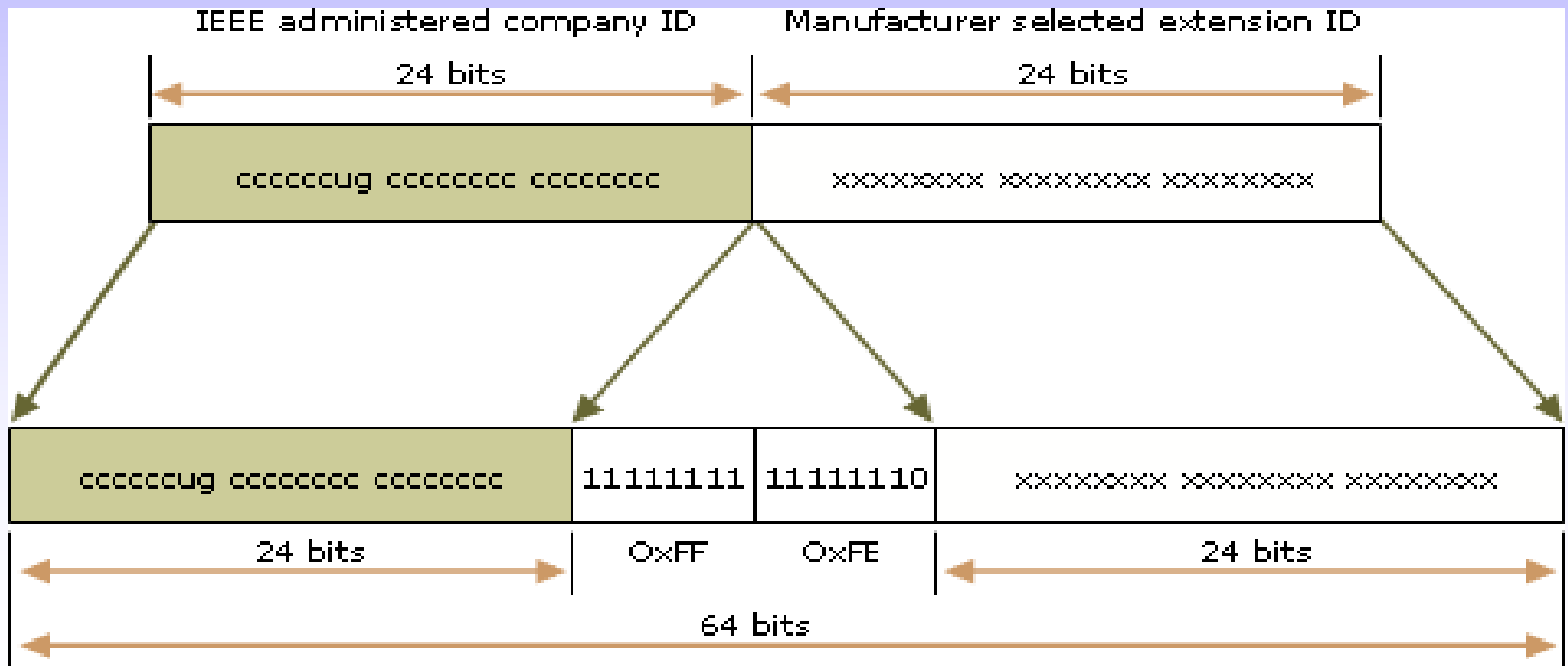
- ♣ **The IEEE EUI-64 address** 表示网络物理接口寻址的新标准
- ♣ 公司 ID 仍然 **24-bits**, 扩展ID **40 bits**, 给网卡商更大的地址空间
- ♣ **EUI-64** 地址中的 **U/L** 和 **I/G bits** 与 **IEEE 802 address** 的表示意义相同
- ♣ **Universal/Local (U/L)** 是第7位, **0**: 表示全局ID; **1**: 表示局部ID; **Individual/Group (I/G)** 是第8位, **0**: 表示单播地址; **1**: 组播地址
- ♣ **C** 是制造商的标识符



IEEE EUI-64 Address

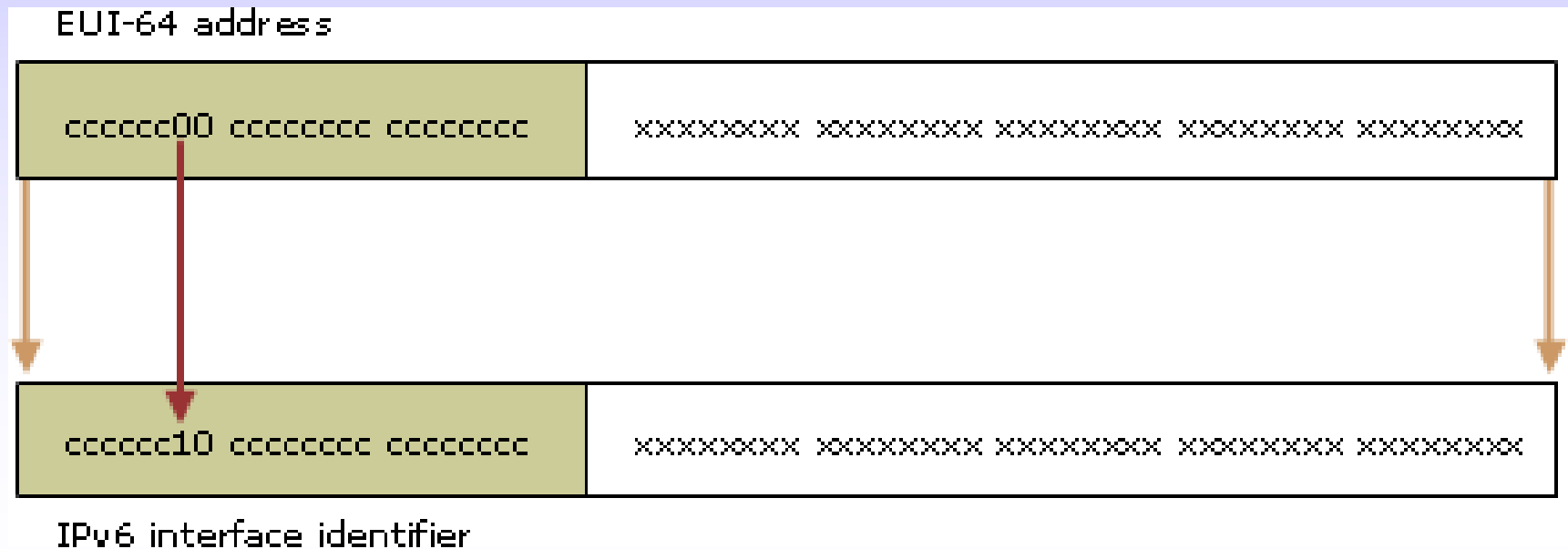
Mapping IEEE 802 to EUI-64 addresses

- ◆ To create an EUI-64 address from an IEEE 802 address, the 16 bits of **11111111 11111110** (0x**FFFE**) are inserted into the IEEE 802 address between the company ID and the extension ID.



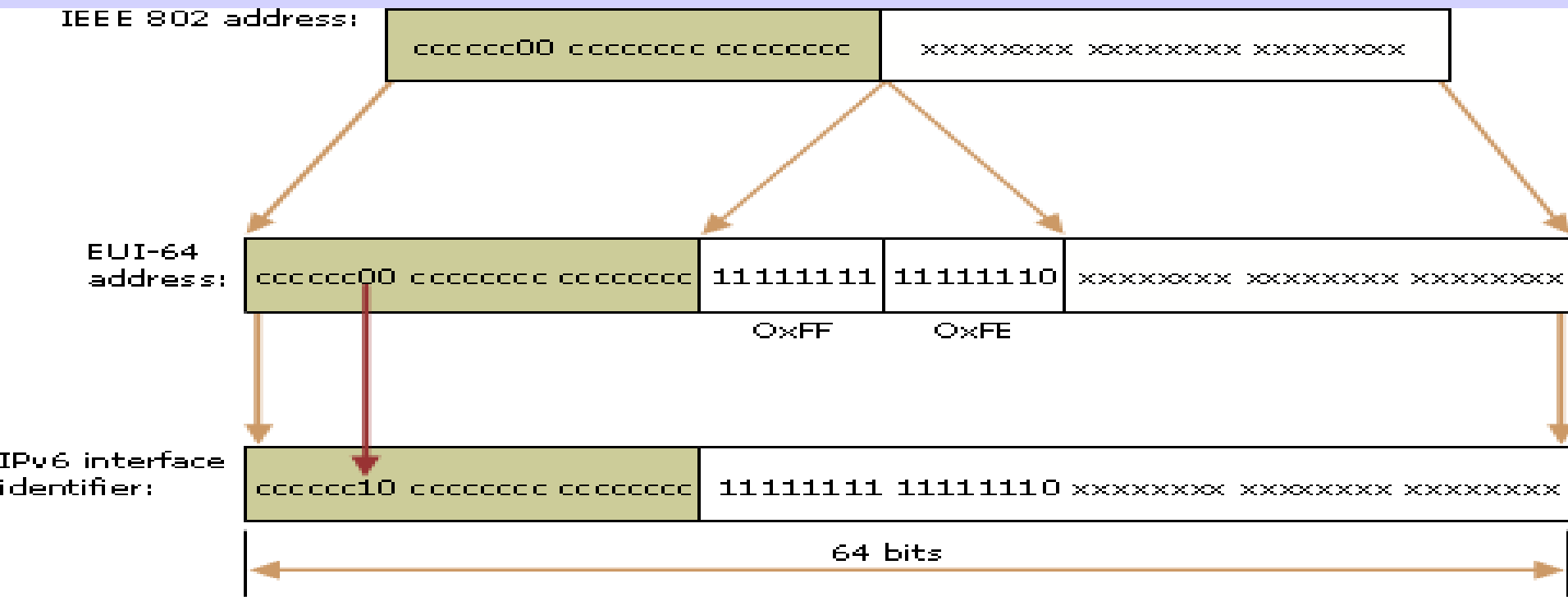
Mapping EUI-64 addresses to IPv6 ID

- ◆ To obtain the 64-bit interface identifier for IPv6 unicast addresses, the U/L bit in the EUI-64 address is complemented (取补) if it is a 1, it is set to 0; and if it is a 0, it is set to 1).



Mapping IEEE 802 to IPv6 ID

- ◆ To obtain an IPv6 interface identifier from an IEEE 802 address, you must first map the IEEE 802 address to an EUI-64 address, and then complement the U/L bit. The following illustration shows the conversion process for a universally administered, unicast IEEE 802 address.



C.2 三种保留地址

- ◆ 未规定的地址—全零地址， **0:0:0:0:0:0:0:0**；不分配给任何节点，表示一个缺失地址。应用例之一是，还未分配IP地址的主机初始化中，要发送IPV6包时，用全零地址作为自己的**暂时源地址**。它不能作为信宿地址
- ◆ Loopback—自环地址， **0:0:0:0:0:0:0:1**；可被任何节点用于向自身发送IPV6包，它不能分配给任何物理接口，不能作为任何包的信源地址，以此为信宿的包永远不能发出该节点，永远不能被路由器转发
- ◆ 包含IPv4地址的IPv6地址：RFC 1993定义了IPv6 over IPv4 tunnel 机制。应用这种技术的IPv6节点被分配给一种特殊的IPv6 unicast 地址，其最低32位是IPv4地址

◆ 这种支持IPV4的地址又分2种

- ♣ 既支持V4，也支持V6：如图1，是与V4兼容的V6地址，
- ♣ 仅支持V4，不支持V6：如图2，对不支持V6的R/H，应屏蔽最低32位以上的部分，V6还规定33--48位全部为F，高位全0时其为V4地址

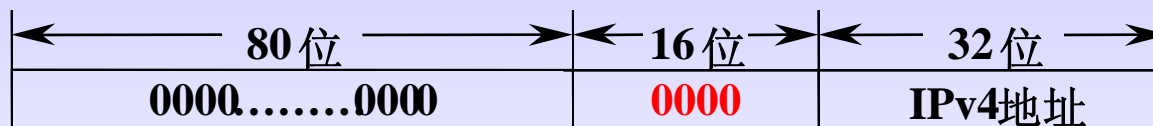


图. IPV4 兼容的IPV6地址

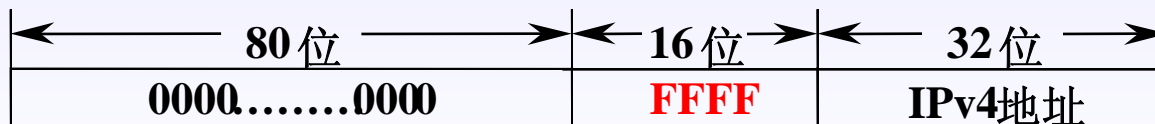


图2. IPV4 映射的IPV6地址

其它保留地址

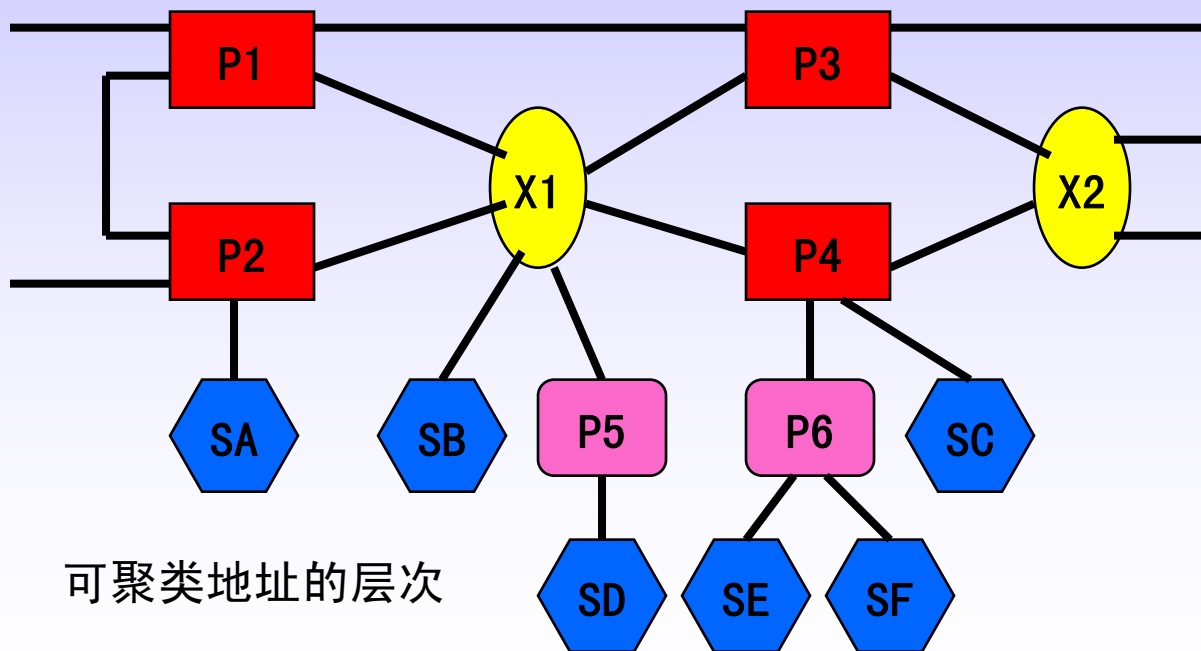
- ◆ 前缀 = 0000 **001**; 为NSAP (Network Service Access Point) 分配保留的地址, 占1/128
- ◆ 前缀 = 0000 **010**; 为Novell IPX分配保留的地址, 1/128

C.3 可聚类全局Unicast地址

- ◆ FP为**001**都是全局可聚类Unicast地址，由RFC 2374 给出
 - ♣ 既支持现有基于**提供者（目前）的聚类**，也支持基于**交换者的新聚类**方式
 - ♣ 从而既能为与网络提供者直接相连的站点提供有效的路由聚类，也能为与交换者直接相连的站点提供有效的路由聚类
- ◆ 基本假设：路由系统基于连续bit边界的“最长前缀匹配”算法来选择转发路径

三个级别的层次组织

- ◆ 公共拓扑: Public topology: 是提供Internet传输服务的提供者和交换者的集合
- ◆ 地点点拓扑: Site topology: 本地某个特定的站点或组织, 他们仅对其站点内部提供公共的传输服务
- ◆ 接口标识符: Interface Identifier: 表明链路上的接口

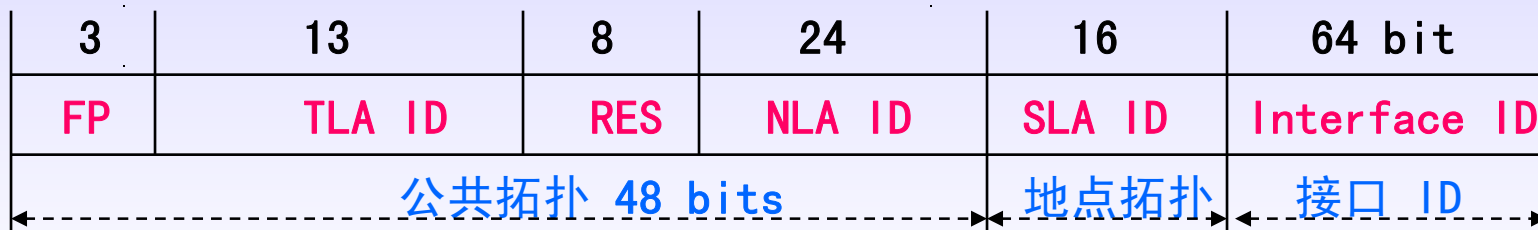


长距离提供者: P1-P4
交换者: X1, X2
多级别提供者: P5, P6
用户交换点: SA-SF

IPv6全局可聚类Unicast地址格式

◆ 共分3级，6个段

- ♣ 001: 全球可聚合Unicast地址
- ♣ TLA ID: 顶级聚合标识符, 可指派给ISP或拥有这些地址的汇接点
- ♣ RES: 留做将来使用—Reserved for future use
- ♣ NLA ID: 次级聚合标识符, 可指派给的定的用户
- ♣ SLA ID: 地点级聚合标识符, 指明单个的地点
- ♣ 接口ID: 接口标识符Interface Identifier



顶级聚类标识符—TLA ID

- ◆ 位于路由层次的顶层
- ◆ 默认的自由路由器必须具有有效的TLA ID条目，可从另外入口进来条目为特定拓扑优化路由
- ◆ 所有层次路由拓扑都必须坚持：尽量减少加入到默认自由路由器中的额外条目
- ◆ 共支持 $2^{13} = 8192$ 个TLA ID，扩展方式：
 - ♣ 将TLA字段扩展到保留字段中去
 - ♣ 将这种格式应用于两外的格式前缀
- ◆ **保留字段—Reserved** 2^8
 - ♣ 现在必须设置成0
 - ♣ 可为TLA NLA提供增长的可能

次级聚类标识符—NLA ID

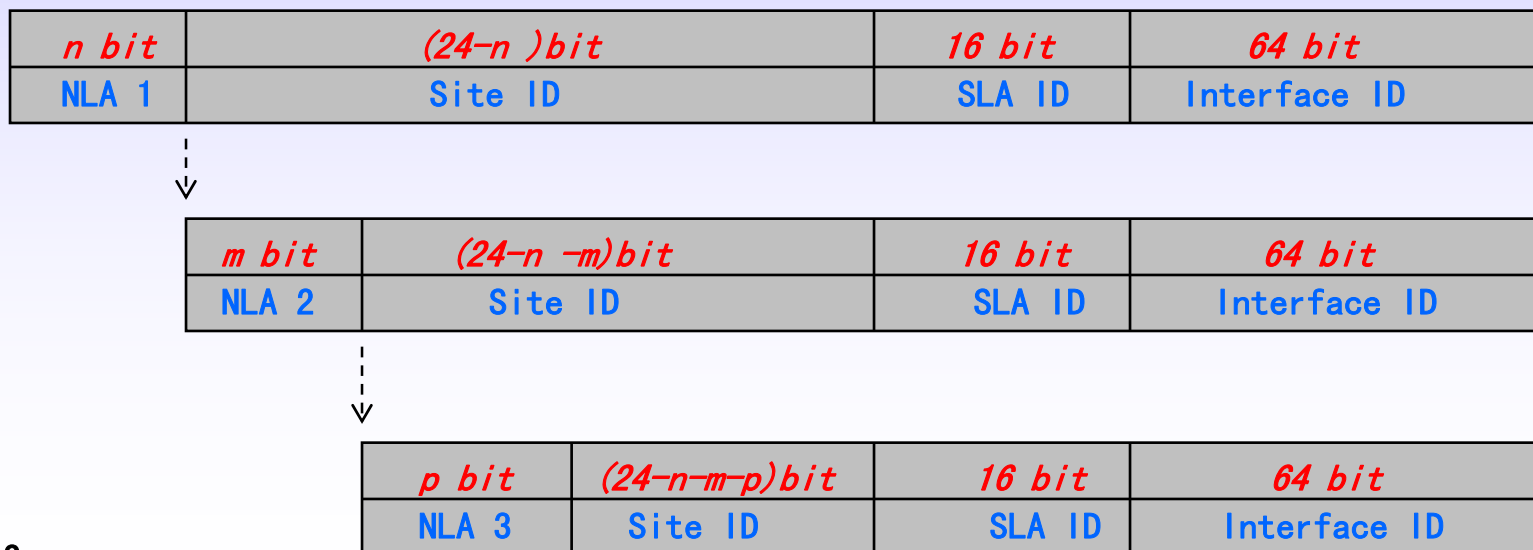
- ◆ 为已得到TLA ID的机构创建地址层次和标识站点
- ◆ 每1个TLA ID空间允许该机构为大致相当于目前v4 internet所支持网络总数的其它结构提供服务
- ◆ 下面是一个NLA ID的可能结构

<i>n bit</i>	<i>(24-n) bit</i>	<i>16 bit</i>	<i>64 bit</i>
NLA 1	Site ID	SLA ID	Interface ID

用字段中的其它比特来标识
将要提供服务的站点

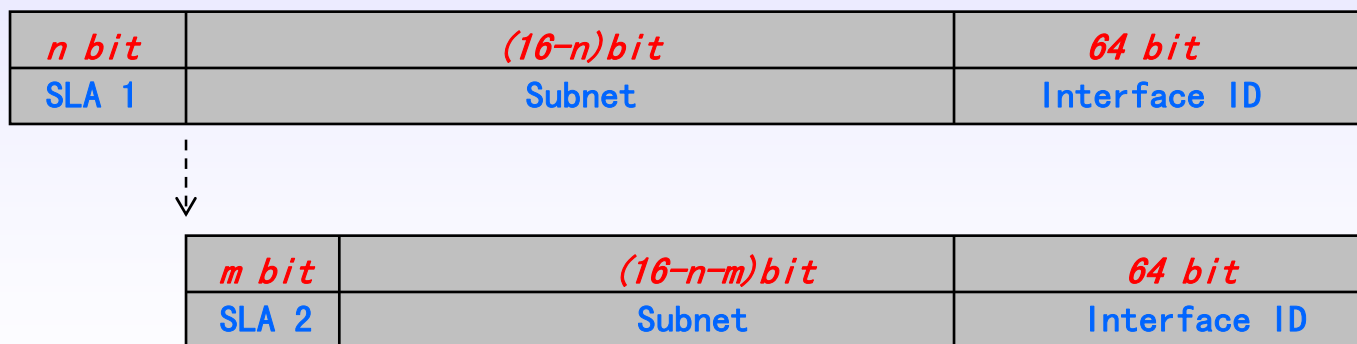
多层NLA结构

- ◆ 得到TLA ID的机构可以在自身的Site ID的空间中支持NLA ID, 从而允许该机构可为其它提供公共服务或不提供公共的组织提供业务
- ◆ 得到NLA ID的机构也可选择使用其Site ID来支持其他的NLA ID
- ◆ 特定的TLA ID机构管理其NLA ID空间的bit
- ◆ 上前一级NLA ID机构负责管理下一级的NLA ID空间的bit
- ◆ NLA ID的分级是路由聚类效率和灵活性的折中, 层次越多, 则聚类可能越大, 同时减少了路由表的规模; 而平坦 (flat) 的NLA ID分配简单且灵活, 同时也增加了路由表的规模



地点聚类标识符 – SLA ID

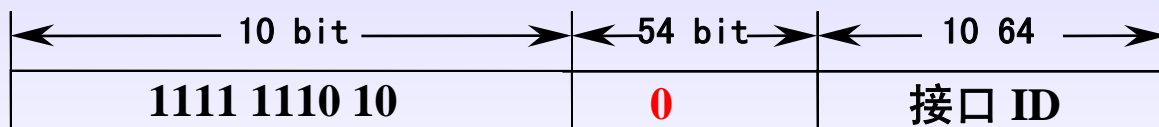
- ◆ SLA ID字段由单独机构用决定来创建其内部的地址层次并标识子网（这类似v4的子网划分），SLA ID有 $2^{16} = 65535$ 个子网
- ◆ 可选择将SLA ID设置成flat路由（SLA内无任何逻辑关系，但增加路由表规模）；也可在SLA ID字段中创建更多的层次和级别（将减少路由表规模）
- ◆ 如果需要额外的子网，可向internet上级服务机构申请更多的站点标识符来创建子网




可能的SLA结构

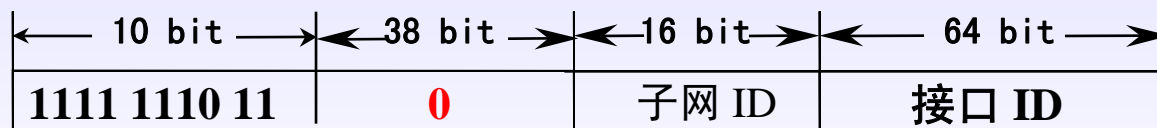
C.4 本地使用的2类Unicast地址

- ◆ Link-Local address: 前缀PF = 1111 1110 10
- ◆ 用于单条链路上的地址分配, 例如
 - ♣ 自动地址配置—auto-address configuration
 - ♣ 邻站发现—neighbor discovery
 - ♣ 没有路由器时
- ◆ 路由器不能转发任何以Link-Local为源目的的包到其它链路



Link local的地址格式

- 
- ◆ Site-Local address: 前缀PF = 1111 1110 11
 - ◆ 用于一个单独的站点，站点内不需要全局前缀的地址分配
 - ◆ 路由器不能转发任何以Site-Local为源目的包到其它链路



Site local的地址格式

问题？

- ◆ 已知华中科技大学(总面积4517542平方米=约**450万**平方米=4.5平方公里)分配到的IPv6地址是：2001：0250：4000::/**48**
- ◆ 请问这是一个何种类型的 Unicast / Multicast地址？其相应FP/TLA ID/RES/NLA ID/SLA ID/接口ID分别是多少？
- ◆ HUST是一个TLA ID或 NLA ID或SLA ID机构？
- ◆ HUST所分得的地址空间相当于v4的多好个A类地址？该地址占整个IPv6地址空间的比例是多大？解答

♣ 0010 0000 0000 0001: 0000 0010 0101 0000: 0100 0000 0000 0000: : /48

♣ $2^{128-48} = 2^{80} \approx (2^{10})^8 = (10^3)^8 = 10^{24} / 450 \text{万m}^2 = 2.22 \times 10^{17} / \text{m}^2$

♣ $2.22 \times 10^{17} / 6.02 \times 10^{23} \approx 0.368 \times 10^{-6} = \text{百万分之一的3分之一个摩尔数}$

♣ $2^{80} / 2^{24} = 2^{56} \approx (10^3)^{5.6} = 10^{16.8} \text{个A类}$

♣ $2^{80} / 2^{128} = 1 / 2^{48} \approx 1 / 10^{14.4} = \text{百万亿分之一}$

C.5 Anycast地址(RFC2526)

- ◆ 一个IPv6的Anycast地址分配给多于一个的接口（这些接口一般属于不同的节点），即一组目的主机
- ◆ Anycast地址性质：一个发送给Anycast地址的包将被路由到具有该Anycast地址最近的一个接口，“最近”的判断依据路由协议中对距离的量度
- ◆ **Anycast与Unicast在句法上无任何区别**
- ◆ **当一个Unicast地址分配给多个接口后，这个Unicast地址就变成了一个Anycast地址。分配该地址的节点必须给予明确的配置，告知其地址是一个Anycast地址**
- ◆ 任何分配了的Anycast地址都有一个最长的地址前缀P，指明该地址接口所在的拓扑区。P内每一个成员必须被广告成为路由系统单独的入口
- ◆ 若某路由器支持1000个近播，则其路由表中有1000个不同路由项

Anycast的预期应用与优点

◆ 预期应用

- ♣ 确认属于某个提供Internet服务组织的**路由器集合**，这些地址可作为中间地址出现在一个IPv6的路由报头中，从而让一个包经过某个特定的聚类或聚类群来投送
- ♣ 确认与某个**特定子网相连的路由器集合**
- ♣ 确认对进入某个**特定的路由区域提供入口的路由器集合**

◆ Anycast几乎无使用经验，存在复杂和危险，故限制

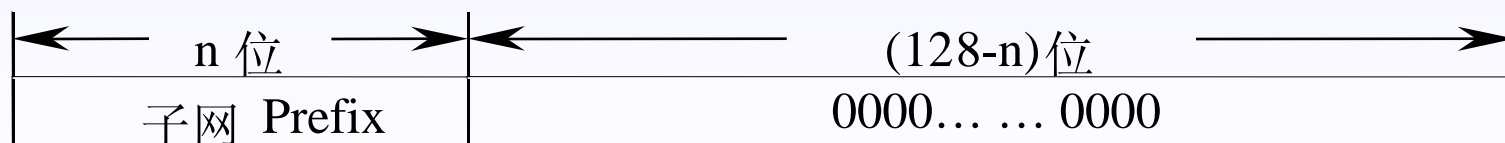
- ♣ 一个Anycast地址不能作为一个IPv6包的信源地址
- ♣ 一个Anycast地址只能分配给IPv6路由器。
- ♣ 多个相同内容的Web服务器成为一个近播组

◆ 近播的优点

- ♣ 简化配置：每个客户机只需配置一俄国近播地址就可标识一组服务器
- ♣ 提高网络可靠性：近播组中一台失效后，网络可自动转发到另一台
- ♣ 负载平衡，在不同区域放置提供相同服务的近播服务器以平衡负载

必须的Anycast地址

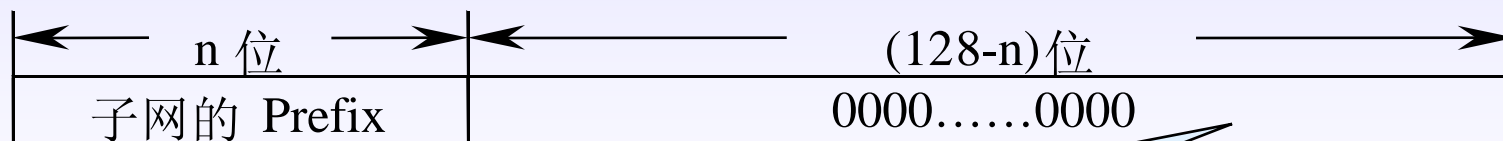
- ◆ 已经预先定义了子网一路由器（Subnet-Router）Anycast地址，其格式如下图
- ◆ 子网前缀标识某条特定链路的前缀，这种Anycast地址在句法上与链路上一个接口标识符设置为全0的Unicast地址是相同的
- ◆ 发送给子网一路由器Anycast地址的包被投送到子网中的某一个路由器，在某一个子网上具有接口的所有路由器都要求支持该子网的子网一路由器Anycast地址
- ◆ 某个节点需要与远程子网一系列路由器中的某一个进行通信，例如一台移动主机需要与其“Home”子网上的某个移动代理通信



子网一路由器Anycast地址格式

Anycast地址

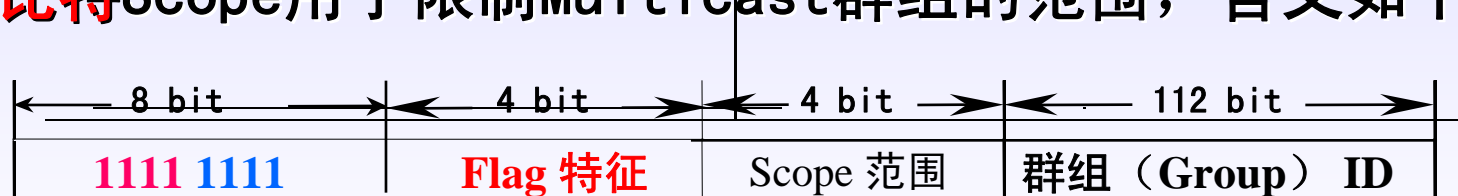
- ◆ 也是一对一，但接收方 b_i 是不固定的
- ◆ $b_i \in B = \{b_1; b_2 \dots b_n\}$, $b_1; b_2 \dots b_n$ 有相同V6地址
- ◆ 地址结构与单播结构一样，给不同接口分配相同的单播地址后这些接口就成为近播地址
- ◆ IETF只定义了子网间路由用的任意近播地址。接口ID全部为0（即不指定接口）其它部分与单播相同
- ◆ 用于支持移动主机



接口界面ID全部为0，发给子网的报文将转发给网上的一个R

C.6 Multicast地址 (RFC2375)

- ◆ 一个IPv6 Multicast地址是一组节点的标识符。一个节点可能属于任意数量的Multicast 地址的格式
- ◆ Multicast地址既不能作为IPv6包的信源地址，也不能出现在任何路由报头中
- ◆ FP = **1111 1111**:表示Multicast地址
- ◆ 4比特特征位000T, 高3位保留并初始化为000,
 - ♣ T=0表示是一个全球编号，永久分配的常用Multicast 地址
 - ♣ T=1表示是一个非永久分配的暂用 Multicast 地址
- ◆ **4比特**Scope用于限制Multicast群组的范围，含义如下片



Multicast 地址格式

0: 永久分配的组播地址

1: 暂时分配的组播地址

4比特Scope字段的说明

0	保留
1	本地节点范围
2	本地链路范围
3	没有分配
4	没有分配
5	本地站点范围
6	没有分配
7	没有分配

8	本地组织范围
9	没有分配
A	没有分配
B	没有分配
C	没有分配
D	没有分配
E	全局范围
F	保留

群组 ID

◆ 永久群组ID

- ♣ 一个永久分配的Multicast地址的含义是独立于范围字段值的
- ♣ 例如：如果“NTP服务器群组”分配到一个永久的Multicast地址，并有群组ID=101（16进制）则
 - ☞ FF01::101，发送者在同一个节点上的所有NTP服务器
 - ☞ FF02::101，发送者在同一条链路上的所有NTP服务器
 - ☞ FF05::101，发送者在同一个地点上的所有NTP服务器
 - ☞ FF0E::101，Internet上的的所有NTP服务器

非永久群组 ID

- ◆ 仅在给定的范围内有意义。例如，某站点有一个由非永久的、本地站点的Multicast地址 FF15::101与以下群组没有关系
 - ♣ 另一个地点上具有相同地址的群组
 - ♣ 另一个范围内的一个具有相同群组ID的非永久群组
 - ♣ 任何一个具有相同群组ID的永久群组

C.6.1 预先定义的Multicast地址

◆ 保留的Multicast地址 不能分配给任何组播群组

♣ FF00::0

♣ FF01::0

♣ FF02::0

♣ FF03::0

♣ FF04::0

♣ FF05::0

♣ FF06::0

♣ FF07::0

♣ FF08::0

♣ FF09::0

♣ FF0A::0

♣ FF0B::0

♣ FF0C::0

♣ FF0D::0

♣ FF0E::0

♣ FF0F::0

◆所有IPv6群组的Multicast地址

♣FF01::1——本地节点范围之内标识所有IPv6节点的群组

♣FF02::1——本地链路范围之内标识所有IPv6节点的群组

◆所有路由器的Multicast地址

♣FF01::2——本地节点范围之内标识所有IPv6路由器节点的群组

♣FF02::2——本地链路范围之内标识所有IPv6路由器节点的群组

♣FF05::2——本地站点范围之内标识所有IPv6路由器节点的群组

请求节点Multicast地址

◆ 请求（Solicited）节点的Multicast地址

FF02::1:FFXX:XXXX

◆ 产生办法:

- ♣ 选取一个unicast或anycast地址的最低 24 bits, 将它们加到 FF02::1:FF00::/104之后就成为一个范围在 FF02::1:FF00:0到 FF02::1:FFFF:FFFF的Multicast地址

- ♣ 例如: 单播或近播地址4037:01:800:200E:8C8C, 则其对应的请求节点组播地址是, FF02::1:FF0E:8C8C; 仅高104位有区别

- ◆ 这可使高104位不同的地址可映射到同一个请求节点的组播地址, 从而减少了一个节点肯能加入的组播地址数
- ◆ 每个节点对分配给自己的unicast和anycast地址都要计算并加入与之相连的请求节点的组播地址

C.6.2 Multicast地址分配

◆ 固定范围内的组播地址: Node-Local Scope

♣ FF01:0:0:0:0:0:0:1 All Nodes Address [RFC 2373]

♣ FF01:0:0:0:0:0:0:2 All Routers Address [RFC 2373]

◆ 固定范围内的组播地址: Site-Local Scope

♣ FF05:0:0:0:0:0:0:2 All Routers Address [ADDARCH]

♣ FF05:0:0:0:0:0:0:1:3 All-dhcp-servers [Bound, Perkins]

♣ FF05:0:0:0:0:0:0:1:4 All-dhcp-relays [Bound, Perkins]

♣ FF05:0:0:0:0:0:0:1:1000

♣ -FF05:0:0:0:0:0:0:1:13FF Service Location

[[RFC2165](#)]

固定范围内的组播地址：Link-Local Scope

◆ FF02:0:0:0:0:0:0:1	All Nodes Address	[RFC 2373]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:2	All Routers Address	[RFC 2373]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:3	Unassigned	[JBP]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:4	DVMRP Routers	[RFC1075 , JBP]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:5	OSPFv2	[RFC2328 , Moy]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:6	OSPFv2 Designated Routers	[RFC2328 , Moy]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:7	ST Routers	[RFC1190 , KS14]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:8	ST Hosts	[RFC1190 , KS14]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:9	RIP Routers	[RFC2080]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:A	EIGRP Routers	[Farinacci]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:B	Mobile-Agents	[Bill Simpson]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:D	All PIM Routers	[Farinacci]
◆ FF02:0:0:0:0:0:0:E	RSVP-ENCAPSULATION	[Braden]
◆ FF02:0:0:0:0:0:1:1	Link Name	[Harrington]
◆ FF02:0:0:0:0:0:1:2	All-dhcp-agents	[Bound, Perkins]
◆ FF02:0:0:0:0:1:FFXX:XXXX	Solicited-Node Address	[ADDARCH]

所有范围内的Multicast地址

- ◆ 以下永久分配的组播地址在所有范围内都是有效的，其字段中的X表示任何一个合法的范围值
- ◆ 仅仅在范围字段上不同的组播地址代表不同的群组，而节点必须单独加入每一个群组
- ◆ 范围可变的组播的地址如下：
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:0 Reserved Multicast Address [ADDARCH]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:100 VMTP Managers Group [[RFC1045](#), DRC3]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:101 Network Time Protocol (NTP) [[RFC1119](#), DLM1]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:102 SGI-Dogfight [AXC]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:103 Rwhod [SXD]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:104 VNP [DRC3]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:105 Artificial Horizons - Aviator [BXF]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:106 NSS - Name Service Server [BXS2]
 - ♣ FFOX:0:0:0:0:0:0:0:107 AUDIONEWS - Audio News Multicast [MXF2]

- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:108 SUN NIS+ Information Service [CXM3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:109 MTP Multicast Transport Protocol [SXA]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:10A IETF-1-LOW-AUDIO [SC3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:10B IETF-1-AUDIO [SC3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:10C IETF-1-VIDEO [SC3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:10D IETF-2-LOW-AUDIO [SC3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:10E IETF-2-AUDIO [SC3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:10F IETF-2-VIDEO [SC3]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:110 MUSIC-SERVICE [Guido van Rossum]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:111 SEANET-TELEMETRY [Andrew Maffei]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:112 SEANET-IMAGE [Andrew Maffei]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:113 MLOADD [Braden]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:114 any private experiment [JBP]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:115 DVMRP on MOSPF [Moy]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:116 SVRLOC [Veizades]
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:117 XINGTV <hgxing@aol.com>
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:118 microsoft-ds <arnoldm@microsoft.com>
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:119 nbc-pro
<bloomer@birch.crd.ge.com>
- ◆ FFOX:0:0:0:0:0:0:11A nbc-pfn
<bloomer@birch.crd.ge.com>

◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:11B	lmsc-calren-1	[Uang]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:11C	lmsc-calren-2	[Uang]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:11D	lmsc-calren-3	[Uang]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:11E	lmsc-calren-4	[Uang]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:11F	ampr-info	[Janssen]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:120	mtrace	[Casner]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:121	RSVP-encap-1	[Braden]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:122	RSVP-encap-2	[Braden]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:123	SVRLOC-DA	[Veizades]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:124	rln-server	[Kean]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:125	proshare-mc	[Lewis]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:126	dantz	[Yackle]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:127	cisco-rp-announce	[Farinacci]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:128 [Farinacci]	cisco-rp-discovery	
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:129	gatekeeper	[Toga]
◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:12A	iberiagames	[Marocho]



- ◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:201 "rwho" Group (BSD) (unofficial) [JBP]
- ◆ FF0X:0:0:0:0:0:0:202 SUN RPC PMAPPROC_CALLIT [BXE1]
- ◆ **FF0X:0:0:0:0:0:2:0000**
- ◆ **-FF0X:0:0:0:0:0:2:7FFD** Multimedia Conference Calls [SC3]
- ◆ FF0X:0:0:0:0:0:2:7FFE SAPv1 Announcements [SC3]
- ◆ FF0X:0:0:0:0:0:2:7FFF SAPv0 Announcements (deprecated) [SC3]
- ◆ **FF0X:0:0:0:0:0:2:8000**
- ◆ **-FF0X:0:0:0:0:0:2:FFFF** SAP Dynamic Assignments [SC3]

C.6.3 分配新的Multicast地址

- ◆ 目前将IPV6 Multicast地址映射到IEEE 802 MAC地址的方法是选取IPV6 Multicast 地址的低32 Bits 并用它来创建一个MAC地址。
- ◆ 比特数少于或等于32 Bits的群组ID将产生唯一的MAC地址，因此必须分配新的Multicast地址以便群组标识符总能象下图中所示出现在低32bit
- ◆ 尽管这限制了永久IPV6 Multicast 地址数目最大为 2^{32} 个，单在可预见将来不会耗尽
- ◆ 除以上阐述的新的Multicast地址之外，新的Multicast将由IANA定义并登记注册



群组标识符出现在低32bit的Multicast 地址

C.7 一个节点必需的地址

- ◆ 为了标识自身，一台主机必须能辨别以下的地址：
 - ♣ 每个接口的Link-local 地址
 - ♣ Loopback 地址
 - ♣ 所有节点Multicast地址
 - ♣ 已分配的unicast和anycast地址的请求节点的Multicast地址
 - ♣ 该主机所属的所有其它群组的multicast地址
- ◆ 为了标识自身，一台路由器除能辨别以上地址外，还要能辨别以下地址
 - ♣ 作为路由器运行的接口的子网路由器Anycast地址
 - ♣ 该路由器已经配置的所有其它Anycast地址
 - ♣ 所有路由器的Multicast地址
 - ♣ 该路由器所属的其它群组的Multicast地址
- ◆ 应用称许中仅仅允许预先定义如下的地址前缀
 - ♣ 没有规定的地址；Loopback地址；Multicast前缀FF；本地使用的前缀（Link-local or Site-local）
 - ♣ 预先定义的Multicast地址；IPv4兼容的前缀
- ◆ 除非特别配置（如Anycast地址），应用程序必须认为所有其它地址都是unicast地址

5.8 IPV6的网络管理

◆地址自动配置

♣提供 Plug-and-Play

☞ 无状态

- 路由器通告前缀
- 主机生成“接口标志”
- 通过组合两个形成地址

☞ 有状态

- 客户端通过DHCP获得地址和、或配置
- DHCP服务器提供对地址的严格控制

◆主机和路由器自动发现

邻居发现

- ◆ 在共享链路上寻找相邻节点
- ◆ 学习和优化网关
- ◆ 形成地址解析
- ◆ 辅助自动配置
- ◆ 通告寻址变化
- ◆ 无状态键自动配置
- ◆ 协议建立在ICMPv6之上（RFC 2463）
 - ♣ 是IPv4协议（ARP, ICMP）的组合
- ◆ 主机和路由器之间的全动态、交互式
 - ♣ 定义5个ICMPv6包类型
 - ♣ 路由器解析/路由器通告
 - ♣ 邻居解析/邻居通告
 - ♣ 重定向

◆ 定义处于相同链路上节点之间的机制

- ♣ 路由发现
- ♣ 前缀发现
- ♣ 参数发现，如链路MTU，Hop限制...
- ♣ 地址自动配置
- ♣ 地址解析（相同于ARP）
- ♣ 下一跳决定
- ♣ 邻居不可达检测（对缺省路由器有用）
- ♣ 重复地址检测
- ♣ 重定向

自动重编号

- ◆ 对IPV6主机进行重编号是很容易的
 - ♣ 加一个新的前缀到路由器
 - ♣ 减少老前缀的寿命期
 - ♣ 老前缀不断老化，新前缀将开始用于新的连接
- ◆ IPV6中的重编号已被设计
- ◆ ISP之锁的解除（An end of ISP “lock in”）：改善竞争

IPV6 自动配置

◆ 无状态（RFC2462）

- ✱ 网络接口先使用邻居发现机制获得一个链路本地地址。
- ✱ 再接收路由器宣告的地址前缀，
- ✱ 结合自己的接口标识，最终得到一个全球地址。

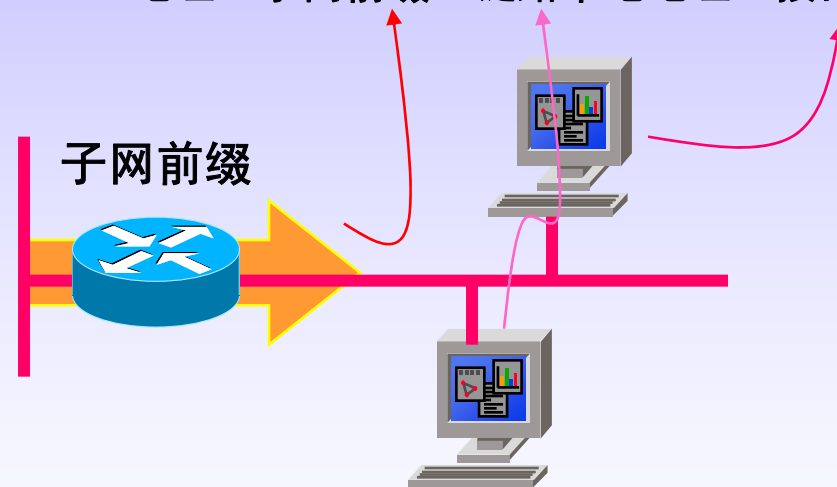
◆ 有状态：DHCPv6

- ✱ 需要一个DHCP服务器，
- ✱ 通过客户机/服务器模式从DHCP服务器处得到地址配置信息。

◆ 地址生命期

- ✱ 推进从容重标号
- ✱ 地址定义为有效、无效的

IPv6地址 = 子网前缀 + 链路本地地址 + 接口地址



单子网范围，由保留前缀 + 链路层地址形成IPv6地址



Multihoming

◆寻址能力

- ✿网络的多路由 进/出

◆为每个允许的节点产生一个全球地址

◆OS或IP栈决定使用哪个地址

◆例如：经过Cable Modem和DSL的两个连接

5.9 IPV6 路由

- ◆ 用与v4CIDR相同的“最长前缀匹配”路由
- ◆ 可扩展路由的关键—分层寻址
- ◆ 需要对IPV6扩展路由协议
- ◆ 邻居发现—动态主机<—>路由器
- ◆ 能用带Anycast地址的路由头来路由分组通过特别的区域
 - ♣ 例如：提供商选择，策略、性能等等
- ◆ IPV6 路由协议
 - ♣ 更新现存的IPv4路由协议来处理更大的地址
 - ☞ RIPv6 (RFC 2080) —与RIPv2相同
 - ☞ BGP4+—多协议扩展，由RFC2283, 2545定义
 - ☞ 集成IS-IS，大地址支持IPv6地址
 - ☞ OSPFv3 (RFC 2740) 实现IPV6的新协议
 - ♣ IPV6组播协议
 - ☞ PIM, MOSPF, MBGP有IPv6扩展
 - ☞ IPv6组播有很大的地址空间删除潜在的IP地址冲突

5.10 Mobile IPv6

◆ IPv6移动是基于IPv6的核心特点

- ♣ 设计IPv6使其支持移动

- ♣ 移动不是一个外加的“Add-on”的特点

- ☞ IPv6邻居发现和地址自动配置允许主机没有任何特别支持而运行在任何地方

◆ 不存在单点故障（Home Agent）

◆ 更大规模：更好的性能

- ♣ 减少通过本地链路（Home link）的流量

- ♣ 减少重定向/重路由（流量优化）

5.11 IPv6 授权安全

- ◆ 安全特点是标准的和必须的
 - ♣ 所有的实现必须提供安全
 - ♣ 对应用没有变化
- ◆ 认证（分组签名）
- ◆ 加密（数据加密）
- ◆ 端到端安全模式
 - ♣ 保护DHCP
 - ♣ 保护DNS
 - ♣ 保护IPv6移动
 - ♣ 保护IPv4网络之上的端到端流量

IPv6的关键特点和优点

- ◆ 很大的地址空间
- ◆ 高效和可扩展的IP数据报
- ◆ 高效路由计算和合并
- ◆ 改进的主机和路由器发现
- ◆ 新的有状态和无状态地址自动配置
- ◆ IP数据报需要的安全
- ◆ 容易再编号
- ◆ 今天可用的IPv6商业产品

A faint world map is visible in the background of the slide, centered on the Atlantic Ocean.

V4—V6的转换

- ◆ 双站协议
- ◆ 隧道技术



Thank You



Questions