

3.5 IP 地址

为了使两台主机间实现通信，就必须为它们配置恰当的地址，这个地址是网络层的 IP 地址，它是网络中每台设备都必须具有的唯一定义的网络层地址。联网的计算机都必须使用 IP 地址来标识自己，类似于电话号码，通过电话号码可以找到相应的电话机主，电话号码没有重复的，IP 地址也是一样。在网络层，通信两端的源地址和目的地址用来标识该通信的数据包。采用 IPv4，每个数据包的 IP 报头中都有一个 32 位源 IP 地址和一个 32 位目的 IP 地址。当该数据包在网络中传输时，这两个地址保持不变，以确保网络设备总是能根据确定的这两个 IP 地址，将数据包从源通信主机送往指定的目的主机。

1. IP 地址管理机构

IP 地址由统一的组织负责分配，所有的 IP 地址都由国际组织 NIC (network information center) 负责统一分配，目前全世界共有 NIC、APNIC、RIPE 三个这样的网络信息中心，具体负责美国及其他地区的 IP 地址分配。我国申请的 IP 地址要通过 APNIC (亚太网络信息中心) 分配，APNIC 的总部设在日本东京大学。在我国由 CNNIC (china internet network information center, CNNIC) 负责全国的 IP 地址分配。

IP 地址是唯一的，因为 IP 地址是全局和标准的，所以没有任何两台连到公共网络的主机拥有相同的 IP 地址，所有连接 Internet 的主机都遵循此规则，公有 IP 地址是从 Internet 服务提供商或地址注册处获得的。在同一局域网中设备的 IP 地址也必须是唯一的。

2. IP 地址的点分十进制表示

采用 IPv4，IP 地址是 32 位的二进制，网络设备以二进制形式使用这些地址，设备内部则运用数字逻辑解释这些地址。但用户要书写、表达和记忆这 32 位二进制就显得困难重重。因此，我们使用点分十进制来表示 IPv4 地址。例如，在图 3.11 中，用点号分隔二进制形式的每个字节，每个字节用十进制表示，那么这个十进制的取值范围是 0~255。IP 地址上数最低为 0.0.0.0，IP 地址上数最高为 255.255.255.255。

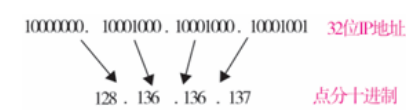


图 3.11 IP 地址的点分十进制表示



图 3.12 IP 地址的结构

3. IP 地址的结构

32 位的 IP 地址以二进制形式存储于计算机中，IP 地址结构由网络标识和主机标识两部分组成，如图 3.12 所示。其中网络标识用于标识该主机所在的网络，而主机标识则标识该

主机在相应网络中的特定位置，正是网络号所给的网络位置信息，才使得路由器能够在网络互连的路径中为 IP 分组选择一条合适路径。

通常 IP 地址分为 A、B、C、D、E 共 5 类，称为有类别的 IP 地址。起始几位标识地址的类别，如图 3.13 所示。其中 A、B、C 三类作为普通的主机地址，D 类用于提供网络组播服务或作为网络测试用，E 类保留给未来扩充使用。A、B、C 三类的最大网络数目和可以容纳的主机数如表 3.1 所示。



图 3.13 IP 地址的分类

表 3.1 A、B、C 三类的最大网络数目和可以容纳的主机数

类别	最大网络数	每个网络可容纳的最大主机数目
A	$2^7 - 2 = 126$	$2^{24} - 2 = 16777214$
B	$2^{14} = 16384$	$2^{16} - 2 = 65534$
C	$2^{21} = 2097152$	$2^8 - 2 = 254$

1) A 类地址

如图 3.13 所示，A 类地址用来支持超大型网络。A 类 IP 地址仅使用第一字节来标识网络部分，其余 3 字节标识主机部分。用二进制表示时，A 类地址的第一位总是 0，因此，第一字节的最小值为 00000000，其十进制为 0，最大值为 01111111，其十进制为 127，但是第一个十进制数为 0 或 127 开头的地址被保留，不能用作网络地址，任何有效 A 类 IP 地址第一字节二进制的取值范围都是 00000001~01111110，转换为十进制是 1~126。

2) B 类地址

如图 3.13 所示，B 类地址用来支持中大型网络，B 类 IP 地址使用四个 8 位组 (4 字节) 的前两个 8 位组标识地址的网络部分，其余的两个 8 位组用来标识主机部分。用二进制数表示时，B 类地址前两位总是 10，因此第一个 8 位组二进制最小值为 1000 0000，其十进制是 128，二进制的最大值为 1011 1111，其十进制是 191，任何有效的 B 类 IP 地址的第一个 8 位组的二进制范围是 10000000~10111111，即 B 类地址的第一个十进制的范围是 128~191。

3) C 类地址

如图 3.13 所示，C 类地址用来支持小型网络，C 类 IP 地址使用四个 8 位组 (4 字节) 的前三个 8 位组标识地址的网络部分，其余的一个 8 位组用来标识主机部分。用二进制数表示时，C 类地址前两位总是 110，因此第一个 8 位组二进制最小值为 1100 0000，其十进制是 192，二进制的最大值为 1101 1111，其十进制是 223，任何有效的 C 类 IP 地址的第一个 8 位组的二进制范围是 11000000~11011111，即 C 类地址的第一个十进制的范围是 192~223。

4) D 类地址

如图 3.13 所示，D 类地址用来支持组播，组播地址是唯一的网络地址，用来转发目的地址为预先定义的一组 IP 地址分组，因此，一台工作站可以将单一的数据流传输给多个接收者，用二进制表示时，D 类地址的前 4 位总是 1110。因此第一个 8 位组二进制最小值为



1110 0000，其十进制是 224，二进制的最大值为 1110 1111，其十进制是 239，任何有效的 D 类 IP 地址的第一个 8 位组的二进制范围是 11100000~11101111，即 D 类地址的第一个十进制的范围是 224~239。

5) E 类地址

如图 3.13 所示，Internet 工程任务组保留 E 类地址作为研究使用，因此 Internet 上没有发布 E 类地址的使用。用二进制表示时，E 类地址的前 4 位总是 1111，因此第一个 8 位组二进制最小值为 1111 0000，其十进制是 240，二进制的最大值为 1111 1111，其十进制是 255，任何有效的 E 类 IP 地址的第一个 8 位组的二进制范围是 11110000~11111111，即 E 类地址的第一个十进制的范围是 240~255。

4. IP 地址中二进制与十进制之间的转换

1) 二进制转换为十进制

在 IP 地址的点分十进制的表示中，二进制每 8 位一组，即 1 字节大小为一组，分成 4 组，每组将二进制转换为十进制。那么二进制如何转换为十进制？8 位一组可以将这 8 个二进制看成 8 个位置，从右到左依次为位置 0，位置 1，…，位置 6，位置 7，每个位置代表 2 的幂，位置 0 为 2 的 0 次幂，位置 1 为 2 的 1 次幂，幂次逐位增加，在 8 位二进制数中，各个位置分别代表数量如表 3.2 所示。

表 3.2 8 位二进制位置的值

对应值	位置 7	位置 6	位置 5	位置 4	位置 3	位置 2	位置 1	位置 0
2 的幂	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
十进制数	128	64	32	16	8	4	2	1
二进制位	1	0	1	1	0	1	0	0
位置数	128	0	32	16	0	4	0	0
总数	$128+0+32+16+0+4+0+0=180$							

从表 3.2 可以看出，要计算 IP 地址的点分十进制形式，只需要先 8 位一组分成 4 组，每组按表 3.2 所示的方式转换为十进制。

【计算题例 3-1】

若某个 IP 地址的十六进制表示是 DF2E8564，试将其转换为点分十进制的形式，并指出其属于哪一类 IP 地址？

解答：首先将 DF2E8564 从左到右按 2 个数一组分为四组，依次是 DF、2E、85、64；因为是十六进制表示，所以有

DF 对应的第一十进制数 $= D \times 16 + F = 223$

2E 对应的第二十进制数 $= 2 \times 16 + E = 46$

85 对应的第三十进制数 $= 8 \times 16 + 5 = 133$

64 对应的第四十进制数 $= 6 \times 16 + 4 = 100$

即 223.46.133.100，为 C 类。

2) 十进制转换为二进制

IP 地址的本质是 32 位的二进制，有时需要将十进制转换为二进制，转换的方法是：将



该十进制转化为 2 的幂之和，按幂所处的位置写成二进制。如 180 展开为 2 的幂的形式为，它等于 $128+32+16+4$ ，写成 2 的幂之和，它等于 $2^7+2^5+2^4+2^2$ ，按幂的位置写成二进制形式为 1011 0100。

5. 子网掩码

IP 地址本质上是 32 位的二进制，那么如何确定哪部分是网络地址，哪部分是主机地址？即 IP 地址的网络标识和主机标识是如何划分的。在一个 IP 地址中，计算机是通过子网掩码来确定 IP 地址中的网络地址和主机地址的。地址规划委员会规定，用 1 表示网络部分，用 0 表示主机部分。

子网掩码也同样是一个 32 位的二进制，用于屏蔽 IP 地址的一部分信息，以区别网络地址和主机地址，也就是说，通过 IP 地址和子网掩码的二进制逻辑与计算，才能知道计算机在哪个网络中，所以子网掩码很重要，必须配置正确，否则就会导致错误的网络地址。A、B、C 三类网络的默认子网掩码如表 3.3 所示。

表 3.3 A、B、C 三类网络的默认子网掩码

类别	二进制表示的掩码	点分十进制表示的掩码	掩码中 1 的个数	网络 ID 所占的位数
A	11111111 00000000 00000000 00000000	255.0.0.0	8	8
B	11111111 11111111 00000000 00000000	255.255.0.0	16	16
C	11111111 11111111 11111111 00000000	255.255.255.0	24	24

【计算题例 3-2】

有类 IP 地址为 192.168.10.8，求它的网络 ID(网络号)和主机 ID。

解答：从第一个十进制 192 看，可知是 C 类地址，C 类地址的默认子网掩码为 255.255.255.0，将 192.168.10.8 转化为 32 位二进制与默认子网掩码二进制进行逻辑与，得到网络 ID=192.168.10.0，主机 ID=8。其具体的计算过程如下：

192 转化为二进制=1100 0000，与第一个 255=1111 1111 进行二进制逻辑与操作，二进制逻辑与操作规则为：1 and 1=1，1 and 0=0，0 and 1=0，0 and 0=0。

1100 0000 and 1111 1111 对应位置上进行逻辑与=1100 0000=192。

同理，168=128+32+8=1010 1000，与第二个 255=1111 1111，进行二进制逻辑与操作，1010 1000 and 1111 1111 对应位置上进行逻辑与=1010 1000=168；10=0000 1010 与第三个 255=1111 1111，进行二进制逻辑与操作=0000 1010=10；8 与第四个 0=0000 0000，进行二进制逻辑与操作=0000 0000=0。

将 4 对逻辑与操作的结果写成点分十进制形式，网络 ID=192.168.10.0，主机 ID 为这个网络地址中第 8 个 IP 地址。

技巧：255 转换为二进制是全 1，所以与 255 进行逻辑与操作的数的结果是这个数本身，这个特性使得在这道题中我们不需要将 192、168、10 转换为二进制就知道结果。同样与 0 进行逻辑与操作的数的结果是 0。

6. 特殊含义的地址

在 IP 地址中，有些 IP 地址是被保留作为特殊之用的，这些保留地址空间如下面几种情况：

1) 网络地址

网络地址用于表示一个具体的网络 ID，如路由器互联 5 个网络，这 5 个网络必须具备不同的网络 ID。一个有效的网络 ID，要求主机号部分全零，如 11.0.0.0，168.14.0.0，193.174.14.0 分别代表 A、B、C 3 类网络 ID。

网络地址通常被称为网络号，网络号在 IP 网络通信中非常重要，位于同一个网络中的主机必须具有相同的网络号，他们之间可以直接相互通信，如图 3.14 所示。而网络号不同的主机之间则不能直接进行通信，必须经过第三层网络设备如路由器进行转发，如图 3.15 所示。



图 3.14 同一个网络中主机必须具有相同的网络号

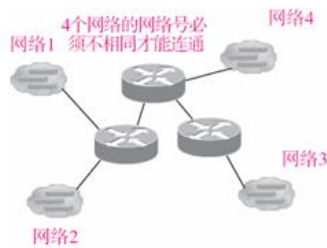


图 3.15 4 个网络中主机必须具有不同的网络号

2) 广播地址

广播地址用于向网络中的所有设备广播分组，具有正常的网络号部分，主机号部分为全 1 的 IP 地址，代表一个在指定网络中的广播，称为广播地址，如 14.255.255.255、178.14.255.255、196.178.10.255 分别代表在一个 A、B、C 类网络中的广播。

广播地址对于网络通信也非常有用，在计算机网络通信中，经常会出现对某一个指定网络中所有的机器发送数据的情形，如小区广播系统、学校广播系统等。

如果没有广播地址，源主机就要对所有的目的主机启动多次 IP 分组的封装与发送过程。除网络地址和广播地址外，其他一些包括全 0 和全 1 的地址格式及作用，如图 3.16 所示。

网络部分	主机部分	地址类型	用 途
任意	全 0	网络地址	代表一个网段
任意	全 1	广播地址	某一网段的所有节点
127	任意	回送地址	回送测试
	全 0	所有网络	路由器指定默认路由
	全 1	广播地址	本网段所有节点

图 3.16 特殊用途地址

3) 回送地址

IP 地址中第一个十进制为 127 开头的地址为保留地址，如常用的 127.0.0.1 称为回路测试地址，用于测试本机的 TCP/IP 是否完整，不进行任何网络传输，只用于本机。

4) 私有 IP 地址

地址按用途分为私有地址和公有地址两种。所谓私有地址就是在 A、B、C 三类 IP 地址中保留下来为企业内部网络分配地址时所使用的 IP 地址。

私有地址主要用于在局域网中进行分配，在 Internet 上是无效的。这样可以很好地隔离局域网和 Internet。私有地址在公网上是不能被识别的，必须通过 NAT 将内部 IP 地址转换成公网上可用的 IP 地址，从而实现内部 IP 地址与外部公网的通信。公有地址是在广域网内使用的地址，但在局域网中同样也可以使用，除了私有地址以外的地址都是公有地址。

私有 IP 地址属于非注册地址，专门为组织机构内部使用。RFC1918 定义了私有 IP 地址范围：10.0.0.1 ~ 10.255.255.254 (A 类)；172.17.0.1 ~ 172.31.255.254 (B 类)；192.168.0.1 ~ 192.168.255.254 (C 类)。

这些地址是不会被 Internet 分配的，它们在 Internet 上也不会被路由，虽然它们不能直接和 Internet 连接，但通过 NAT 技术仍旧可以和 Internet 通信。我们可以根据需要来选择适当的地址类，在内部局域网中将这些地址像公有 IP 地址一样使用。在 Internet 上，有些不需要与 Internet 通信的设备，如打印机、可管理交换机等也可以使用这些地址，以节省 IP 地址资源。公有地址(public address)由国际互联网信息中心(internet network information center, Inter NIC)负责。这些 IP 地址分配给注册并向 Inter NIC 提出申请的组织机构，通过它直接访问互联网。