

项目3 了解IP地址并进行子网划分

3.1 项目导入

Smile 新创办了一家公司,公司设有技术部、销售部、财务部等。目前,公司中的所有计算机相互之间可以访问。出于缩减网络流量、优化网络性能以及安全等方面的考虑,需要实现以下目标。

- (1) 同一部门内的计算机之间能相互访问,如技术部内部的计算机能相互访问。
- (2) 不同部门之间的计算机不能相互访问,如技术部中的计算机不能访问销售部中的计算机。

要完成这个目标,而且要求不能增加额外的费用,该如何做呢? 本项目将带领读者解决这个问题。

3.2 职业能力目标和要求

- 熟练掌握 IP 协议和 IP 地址。
- 熟练掌握子网的划分。
- 掌握 IPv6 协议。
- 了解 CIDR(无类别域间路由)。

3.3 相关知识

3.3.1 IP 地址

在网络中,对主机的识别要依靠地址,所以,Internet 在统一全网的过程中首先要解决地址的统一问题。因此 IP 编址与子网划分就显得很重要。

1. 物理地址与 IP 地址

地址用来标识网络系统中的某个资源,也称为“标识符”。通常标识符被分为三类:名字(Name)、地址(Address)和路径(Route)。三类标识符分别告诉人们,资源是什么、资源在哪里以及怎样去寻找该资源。不同的网络所采用的地址编制方法和内容均不相同。

Internet 是通过路由器(或网关)将物理网络互联在一起的虚拟网络。在任何一个物理网络中,各个节点的设备必须都有一个可以识别的地址,这样才能使信息在其中进行交换,这个地址称为“物理地址”(Physical Address)。由于物理地址体现在数据链路层上,因此,物理地址也被称为硬件地址或媒体访问控制 MAC 地址。

网络的物理地址给 Internet 统一全网地址带来以下问题。

(1) 物理地址是物理网络技术的一种体现,不同的物理网络,其物理地址的长短、格式各不相同。例如,以太网的 MAC 地址在不同的物理网络中难以寻找,而令牌环网的地址格式也缺乏唯一性。显然,这两种地址管理方式都会给跨网通信设置障碍。

(2) 物理网络的地址被固化在网络设备中,通常是不能修改的。

(3) 物理地址属于非层次化的地址,它只能标识出单个的设备,而标识不出该设备连接的是哪一个网络。

Internet 采用一种全局通用的地址格式,为全网的每一个网络和每一台主机分配一个 Internet 地址,以此屏蔽物理网络地址的差异。IP 协议的一项重要功能就是专门处理这个问题,即通过 IP 协议把主机原来的物理地址隐藏起来,在网络层中使用统一的 IP 地址。

2. IP 地址的划分

根据 TCP/IP 协议规定,IP 地址由 32bit 组成,它包括三个部分:地址类别、网络号和主机号(为方便划分网络,后面将“地址类别”和“网络号”合起来称作“网络号”),如图 3-1 所示。如何将这 32bit 的信息合理地分配给网络和主机作为编号,看似简单,意义却很重大。因为各部分比特位数一旦确定,就等于确定了整个 Internet 中所能包含的网络数量以及各个网络所能容纳的主机数量。

由于 IP 地址是以 32 位二进制数的形式表示的,这种形式非常不适合阅读和记忆,因此,为了便于用户阅读和理解 IP 地址,Internet 管理委员会采用了一种“点分十进制”表示方法来表示 IP 地址。也就是说,将 IP 地址分为 4 个字节(每个字节为 8bit),且每个字节用十进制表示,并用点号“.”隔开,如图 3-2 所示。

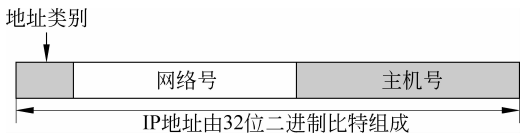


图 3-1 IP 地址的结构

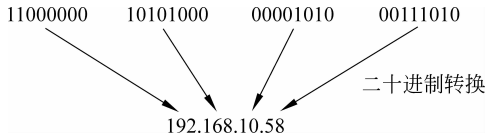


图 3-2 IP 点分十进制的 IP 地址表示方法

由于互联网上的每个接口必须有唯一的 IP 地址,因此必须要有一个管理机构为接入互联网的网络分配 IP 地址。这个管理机构叫互联网络信息中心(Internet Network Information Centre),称作 InterNIC。InterNIC 只分配网络号。主机号的分配由系统管理员来负责。

3. IP 地址分类

TCP/IP 协议用 IP 地址在 IP 数据报中标识源地址和目的地址。由于源主机和目的主机都位于某个网络中,要寻找一个主机,首先要找到它所在的网络,所以 IP 地址结构由网络号(Net ID)和主机号(Host ID)两部分组成,分别标识一个网络和一个主机,网络号和主机号也可分别称作网络地址和主机地址。IP 地址是网络和主机的一种逻辑编号,由网络信息中心(NIC)来分配。若局域网不与 Internet 相连,则该网络也可自定义它的 IP 地址。

IP 地址与网上设备并不一定是一对一的关系,网上不同的设备一定有不同的 IP 地址,

但同一设备也可以分配几个 IP 地址。例如,路由器若同时接通几个网络,它就需要拥有所接各个网络的 IP 地址。

IP 协议规定:IP 地址的长度为 4 字节(32 位),其格式分为五种类型,见表 3-1。

表 3-1 IP 地址分类

地址类	第 1 个 8 位位组的格式	可能的网络数目	网络中节点的最大数目	地址范围
A 类	0××××××××	$2^7 - 2$	$2^{24} - 2$	1.0.0.1~126.255.255.254
B 类	10×××××××	2^{14}	$2^{16} - 2$	128.0.0.1~191.255.255.254
C 类	110×××××	2^{21}	$2^8 - 2$	192.0.0.1~223.255.255.254
D 类	1110××××	1110 后跟 28bit 的多路广播地址		224.0.0.1~239.255.255.254
E 类	11110×××	11110 开始,为将来使用保留		240.0.0.1~247.255.255.254

A 类地址首位为 0,网络号占 8 位,主机号占 24 位,适用于大型网络;B 类地址前两位为 10,网络号占 16 位,主机号占 16 位,适用于中型网络;C 类地址前三位为 110,网络号占 24 位,主机号占 8 位,适用于小型网络;D 类地址前四位为 1110,用于多路广播;E 类地址前五位为 11110,为将来使用保留,通常不用于实际工作环境。

一些 IP 地址具有专门用途或特殊意义。对于 IP 地址的分配、使用应遵循以下规则。

- 网络号必须是唯一的。
- 网络号的首字节不能是 127,此数保留给内部回送函数,用于诊断。
- 主机号对所属的网络号必须是唯一的。
- 主机号的各位不能全为 1,全为 1 用作广播地址。
- 主机号的各位不能全为 0,全为 0 表示本地网络。

4. 特殊地址

IP 地址空间中的某些地址已经为特殊目的而保留,而且通常并不允许作为主机地址。如表 3-2 所示,这些保留地址的规则如下。

表 3-2 特殊 IP 地址

网络部分	主机	地址类型	用途
Any	全 0	网络地址	代表一个网段
Any	全 1	广播地址	特定网段的所有节点
127	Any	回环地址	回环测试
全 0		所有网络	QuidWay 路由器,用于指定默认路由
全 1		广播地址	本网段所有节点

(1) IP 地址的网络地址部分不能设置为“全部为 1”或“全部为 0”。

当 IP 地址的主机地址中的所有位都设置为 0 时,它指示为一个网络,而不是哪个网络上的特定主机。这些类型的条目通常可以在路由选择表中找到,因为路由器控制网络之间的通信量,而不是单个主机之间的通信量。

(2) IP 地址的子网部分不能设置为“全部为 1”或“全部为 0”。

在一个子网网络中,主机位设置为 0 将代表特定的子网。同样,为这个子网分配的所有

位不能全为 0,因为这将会代表上一级网络的网络地址。

(3) IP 地址的主机地址部分不能设置为“全部为 1”或“全部为 0”。

网络位不能全部都是 0,因为 0.0.0.0 是一个不合法的地址,而且用于代表“未知网络或地址”。

(4) 网络 127.×.×.×不能作为网络地址。

网络地址 127.×.×.×已经分配给本地回路地址。这个地址的目的是提供对本地主机的网络配置的测试。使用这个地址提供了对协议堆栈的内部回路测试,这和使用主机的实际 IP 地址不同,它需要网络连接。

5. 私用地址

私用地址不需要注册,仅用于局域网内部,该地址在局域网内部是唯一的。当网络上的公用地址不足时,可以通过网络地址翻译(NAT),利用少量的公用地址把大量的配有私用地址的机器连接到公用网上。

下列地址作为私用地址:

10.0.0.1~10.255.255.254

172.16.0.1~172.31.255.254

192.168.0.1~192.168.255.254

3.3.2 IP 协议

IP 协议使用一个恒定不变的地址方案。在 TCP/IP 协议栈的最低层上运行并负责实际传送数据帧的各种协议都有互不兼容的地址方案。在每个网段上传递数据帧时使用的地址方案会随着数据帧从一个网段传递到另一个网段而变化,但是,IP 地址方案却保持恒定不变,它与每种基本网络技术的具体实施办法无关,并且不受其影响。

IP 协议是执行一系列功能的软件,它负责决定如何创建 IP 数据报,如何使数据报通过一个网络。当数据发送到计算机时,IP 执行一组任务;当从另一台计算机那里接收数据时,IP 则执行另一组任务。

每个 IP 数据报除了包含它要携带的数据有效负载外,还包含一个 IP 首标。数据有效负载是指任何一个协议层要携带的数据。源计算机上的 IP 协议负责创建 IP 首标。IP 首标中存在着大量的信息,包括源主机和目的主机的 IP 地址,甚至包含对路由器的指令。数据报从源计算机传送到目的计算机的路径上经过的每个路由器都要查看甚至更新 IP 首标的某个部分。

图 3-3 所示为 IP 数据报的格式。其中,IP 首标的最小长度是 20 字节,包含的信息如下。

- 版本:指明所用 IP 的版本。IP 的当前版本是 4,它的二进制模式是 0100。
- 报头长度:以 4 字节为单位表示 IP 首标的长度。首标最小长度是 20 字节。本域的典型二进制模式是 0101。
- 服务类型:源 IP 可以指定特定路由信息。主要选项涉及延迟、吞吐量、可靠性等。
- 总长度:以字节为单位表示 IP 数据报长度,该长度包括 IP 首标和数据有效负载。
- 标识:源 IP 赋予数据报的一个递增序号。
- 标志:用于指明分段可能性的标志。



图 3-3 IP 数据报格式

- 片偏移：为实现顺序重组数据报而赋予每个相连数据报的一个数值。
- 生存时间(Time To Live, TTL)：指明数据报在被删除之前可以留存的时间，以秒或路由器划分的网段为单位。每个路由器都要查看该域并至少将它递减 1，或减去数据报在该路由器内延迟的秒数。当该域的值达到零时，该数据报即被删除。
- 协议：规定了使用 IP 的高层协议。
- 首部校验和：存放一个 16 位的计算值，用于检验首标的有效性。随着 TTL 域的值递减，本域的值在每个路由器中都要重新计算。
- 源地址：本地地址供目的 IP 在发送回执时使用。
- 目的地址：本地地址供目的 IP 用来检验数据传送的正确性。
- 可选字段(长度可变)：用于网络控制或测试，这个域是可选的。
- 填充：确保首标在 32 位边界处结束。
- 数据部分：本域常包含送往传输层 ICMP 或 IGMP 中的 TCP 或 UDP 的数据。

3.3.3 划分子网

出于对管理、性能和安全方面的考虑，许多单位把单一网络划分为多个物理网络，并使用路由器将它们连接起来。

1. 子网掩码

我们可以发现，在 A 类地址中，每个网络可以容纳 16777214 台主机，B 类地址中，每个网络可以容纳 65534 台主机。在网络设计中一个网络内部不可能有这么多个机器；另一方面 IPv4 面临 IP 资源短缺的问题。在这种情况下，可以采取划分子网的办法来有效地利用 IP 资源。所谓划分子网，是指从主机位借出一部分来做网络位，借以增加网络数目，减少每个网络内的主机数目。

引入子网机制以后，就需要用到子网掩码。子网掩码定义了构成 IP 地址的 32 位中的多少位用于定义网络。子网掩码中的二进制位构成了一个过滤器，它仅仅能够通过应该解释为网络地址的 IP 地址的那一部分。完成这个任务的过程称为按位求“与”。按位求“与”