**4-01 网络层向上提供的服务有哪两种？试比较其优缺点。**

答案：虚电路服务和数据报服务。

**虚电路的优点：** 虚电路服务是面向连接的， 网络能够保证分组总是按照发送顺序到达目的站， 且不丢失、 不重复， 提供可靠的端到端数据传输； 目的站地址仅在连接建立阶段使用，每个分组使用短的虚电路号，使分组的控制信息部分的比特数减少，减少了额外开销；端到端的差错处理和流量控制可以由分组交换网负责， 也可以由用户机负责。 虚电路服务适用于通信信息量大、速率要求高、传输可靠性要求高的场合。

**虚电路的缺点：** 虚电路服务必须建立连接； 属于同一条虚电路的分组总是按照同一路由进行转发；当结点发生故障时，所有通过出故障的结点的虚电路均不能工作。

**数据报的优点：**数据报服务不需要建立连接；每个分组独立选择路由进行转发，当某个结点发生故障时，后续的分组可以另选路由，因而提高了通信的可靠性。数据报服务的灵活性好，适用于传输可靠性要求不高、通信子网负载不均衡、需要选择最佳路径的场合。

**数据报的缺点：**数据报服务是面向无连接的，到达目的站时不一定按发送顺序，传输中

的分组可能丢失和重复，提供面向无连接的、不可靠的数据传输；每个分组都要有目的站的全地址；当网络发生故障是，出故障的结点可能会丢失数据，一些路由可能会发生变化；端到端的差错处理和流量控制只由主机负责。

**4-03 作为中间系统，转发器、网桥、路由器和网关都有何区别？**

答案：将网络互相连接起来需要使用一些中间设备。根据中间设备所在的层次，可以有以下四种不同的中间设备：

1）物理层使用的中间设备叫转发器。

2）数据链路层使用的中间设备叫网桥或桥接器。

3）网络层使用的中间设备叫路由器。

4）在网络层以上使用的中间设备叫网关。用网关连接两个不兼容的系统需要在高层进行协议的转换。应注意，在许多旧的文献中，不少路由器也被称为网关。现在，大家一般都用“路由器”代替“网关”这一名词。

当中继系统是转发器或网桥时，一般并不称之为网络互连，因为仍然是一个网络。

路由器其实是一台专用计算机， 用来在互连网中进行路由选择。 一般讨论的互连网都是指用路由器进行互连的互连网络。

**4-04 试简单说明 IP、ARP和 ICMP 协议的作用。**

答：IP:网际协议，使用IP协议就可以把互连以后的计算机网络看成是一个虚拟互连网络。所谓虚拟互连网络也就是逻辑互连网络，或称互联网。我们知道，各种物理网络的异构型本来是客观存在的，但是我们利用IP协议就可以使这些性能各异的网络在网络层上看起来好像是一个统一的网络。这种使用IP协议的虚拟互连网络可简称为IP网。使用IP网的好处是：当IP网上的主机进行通信时，就好像在一个单个网络上通信一样，它们看不见互连的各网络的具体异构细节（如具体的编址方案、路由选择协议，等等）。

ARP（地址解析协议），用来把一个机器（主机或路由器）的 IP 地址转换成相应的物理地址（或硬件地址）。

ICMP（网际控制报文协议），用来使主机或路由器报告差错情况和提供有关异常情况的报告，这样就可以更有效地转发IP数据报和提高交付成功的机会。注：ICMP 协议帮助主机完成某些网络参数测试，允许主机或路由器报告差错和提供有关异常情况报告，但它没有办法减少分组丢失，这是高层协议应该完成的事情。IP 协议只是尽最大可能交付，至于交付是否成功，它自己无法控制。

**4-05 IP 地址分为几类？各如何表示？ IP 地址的主要特点是什么？**

答案：目前的 IP 地址（IPv4：IP 第四版本）由 32 个二进制位表示，每 8 位二进制数为一个整数，中间由小数点间隔，如 159.226.41.98，整个 IP 地址空间有 4 组 8 位二进制数，表示主机所在网络的地址（类似部队的编号）以及主机在该网络中的标识（如同士兵在该部队的编号）共同组成。

为了便于寻址和层次化的构造网络，IP 地址被分为 A、B、C、D、E 五类，商业应用中只用到 A、B、C 三类。

A 类地址：A 类地址的网络标识由第一组 8 位二进制数表示，网络中的主机标识占3 组 8位二进制数，A 类地址的特点是网络标识的第一位二进制数取值必须为“0”。不难算出，A类地址允许有 126 个网段， 每个网络大约允许有1 670 万台主机， 通常分配给拥有大量主机的网络（如主干网）。

B 类地址：B 类地址的网络标识由前两组 8 位二进制数表示，网络中的主机标识占两组8位二进制数，B 类地址的特点是网络标识的前两位二进制数取值必须为“10”。B 类地址允许有 16 384 个网段， 每个网络允许有65 533 台主机， 适用于结点比较多的网络 （如区域网） 。

C 类地址：C 类地址的网络标识由前 3 组 8 位二进制数表示，网络中的主机标识占1 组 8位二进制数，C 类地址的特点是网络标识的前 3 位二进制数取值必须为“110”。具有 C 类地址的网络允许有 254 台主机，使用于结点比较少的网络（如校园网）。

A类网络的 IP 地址范围为 1.0.0.1-127.255.255.254；B 类网络的 IP 地址范围为：128.1.0.1-191.255.255.254；C 类网络的 IP 地址范围为：192.0.1.1-223.255.255.254.

IP地址具有以下一些重要特点：

1.每一个IP地址都由网络号和主机号两部分组成。从这个意义上讲，IP地址是一种分等级的地址结构。

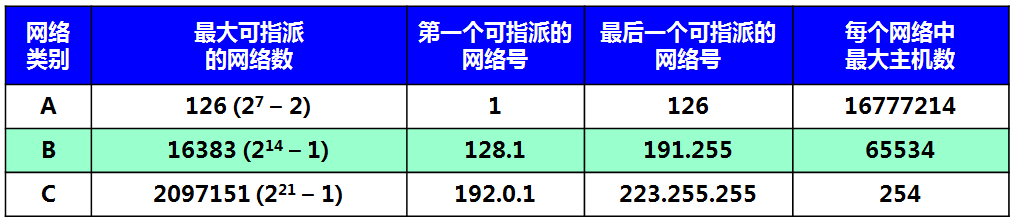
2.实际上 IP 地址是标志一个主机（或路由器）和一条链路的接口。换言之，IP地址并不仅仅指明一个主机，同时还指明了主机所连接到的网络。

3.按照互联网的观点，一个网络是指具有相同网络号net-id的主机的集合。因此，用转发器或网桥连接起来的若干个局域网仍为一个网络，因此这些局域网都具有同样的网络号。

4.所有分配到网络号 net-id 的网络，无论是范围很小的局域网，还是可能覆盖很大地理范围的广域网，都是平等的。

**4-06 试根据 IP 地址的规定，计算出表 4-2 中的数据。**

**表 4-2 IP 地址的指派范围**



答案：1）A 类地址（在二进制数字中，有下划线的数字是可指派的）：

第一个可指派的网络号=1（最小可指派的net-id=0000001）

最后一个可指派的网络号=126（最大可指派的net-id=01111110）

所以能用的最大网络数是126。 主机号占24 个 bit, 则允许用的最大主机数为 2 的 24 次方，为16777216，但是也要除去全 0 和全 1 的情况，所以能用的最大主机数是 16777214。

2） B 类地址中，最大可指派的网络数为2 的 14 次方-1，为 16383，

第一个可指派的网络号是 128.1（最小可指派的net-id=10000000 00000001）

最后一个可指派的网络号是 191.255（最大可指派的net-id=10111111 11111111）

**注意：以前的版本中，B类地址中的网络地址128.0.0.0和C类地址中的192.0.0.0都规定不指派，但现在都已经可以指派了 [RFC 6890]**

每个网络中允许用的最大主机数为 2 的 16 次方，为 65536，但是也要除去全 0 和全 1 的情况，所以能用的最大主机数是 65534。

3）C 类地址中，网络号占 21 个 bit, 则能用的网络数为 2 的 21 次方-1，为 2097151，第一个可指派的网络号是 192.0.1（最小可指派的net-id=11000000 00000000 00000001）

最后一个可指派的网络号是 223.255.255（最大可指派的net-id=11011111 11111111 11111111）

每个网络中允许用的最大主机数为 2 的 8 次方，为 256，但是也要除去全0 和全 1 的情况，所以能用的最大主机数是 254。

**4-07 试说明 IP 地址与硬件地址的区别。为什么要使用这两种不同的地址？**

答：从层次的角度看，物理地址是数据链路层和物理层使用的地址，而IP地址是网络层和以上各层使用的地址，是一种逻辑地址（称IP地址是逻辑地址是因为IP地址是用软件实现的）。

由于全世界存在着各式各样的网络，它们使用不同的硬件地址。要使这些异构网络能够互相通信就必须进行非常复杂的硬件地址转换工作，因此由用户或用户主机来完成这项工作几乎是不可能的事。但统一的IP地址把这个复杂问题解决了。连接到互联网的主机只需拥有统一的IP地址，它们之间的通信就像连接在同一个网络上那样简单方便。当需要把IP地址转换成物理地址时，调用ARP的复杂过程都由计算机软件自动进行，而用户是看不见这种调用过程的。因此，在虚拟的IP网络上用IP地址进行通信给广大的计算机用户带来很大的方便。

**4-09 试回答下列问题：**

**（1）子网掩码为 255.255.255.0 代表什么意思？**

**（2）一网络的现在掩码为 255.255.255.248 ，问该网络能够连接多少个主机？**

**（3）一 A 类网络和一 B 类网络的子网号 subnet-id 分别为 16 个 1 和 8 个 1，问这两个网络的子网掩码有何不同？**

**（4）一个 B 类地址的子网掩码是 255.255.240.0 。试问在其中每一个子网上的主机数最多是多少？**

**（5）一Ａ类网络的子网掩码为 255.255.0.255 ，它是否为一个有效的子网掩码？**

**（6）某个 IP 地址的十六进制表示为 C2.2F.14.81 ，试将其转换为点分十进制的形式。**

**这个地址是哪一类 IP 地址？**

**（7）C 类网络使用子网掩码有无实际意义？为什么？**

答：（1）可以代表 C 类地址对应的子网掩码默认值；也能表示 A 类和 B 类地址的掩码,前 24 位决定网络号和子网号，后 8 位决定主机号。（用 24bit 表示网络部分地址，

包括网络号和子网号）

（2）255.255.255.248 化成二进制序列为：11111111 11111111 11111111 11111000，

根据掩码的定义，后三位是主机号，一共可以表示 8 个主机号，除掉全 0 和全 1 的两个，该网络能够接 6 个主机。

（3）子网掩码的形式是一样的，都是 255.255.255.0；但是子网的数目不一样。

（4）255.255.240.0（11111111.11111111.11110000.00000000）是 B 类地址的子网掩

码，主机地址域为 12 比特，所以每个子网的主机数最多为：212-2=4094。

（5）子网掩码由一连串的 1 和一连串的 0 组成，1 代表网络号和子网号，0 对应主

机号.255.255.0.255 变成二进制形式是： 11111111 11111111 00000000 11111111.可见，是一个有效的子网掩码，但是不是一个方便使用的解决办法，因为1不是连续的，所以不推荐这样使用。

（6）把十六进制转换成十进制：

C216=12\*16+2=194

2F16=2\*16+15=47

1416=1\*16+4=20

8116=8\*16+1=129

用点分十进制表示，该 IP 地址是 194.47.20.129，为 C 类地址。

（7）有，可以提高网络利用率，对小网络这样做可以进一步划分几个子网。

**4-10 试辨认以下 IP 地址的网络类别。**

**(1) 128.36.199.3**

**(2) 21.12.240.17**

**(3) 183.194.76.253**

**(4) 192.12.69.248**

**(5) 89.3.0.1**

**(6) 200.3.6.2**

答：

(1) 128.36.199.3 B 类网

(2) 21.12.240.17 A 类网

(3) 183.194.76.253 B 类网

(4) 192.12.69.248 C 类网

(5) 89.3.0.1 A 类网

(6) 200.3.6.2 C 类网

**4-11 IP 数据报中的首部检验和并不检验数据报中的数据。 这样做的最大好处是什么？坏处是什么？**

答：好处是，不检验数据部分可以加快检验的过程，使转发分组更快。

缺点是，数据部分出现差错不能及早发现。即使到了终点，目的主机的IP也仍然不检查数据部分是否正确。当IP数据报的数据部分送交上面的运输层时，运输层的TCP才检查收到的数据有无差错。

**4-12 当某个路由器发现一 IP 数据报的检验和有差错时，为什么采取丢弃的办法而不是要求源站重传此数据报？计算首部检验和为什么不采用 CRC 检验码？**

答：之所以不要求源站重发，是因为地址子段也有可能出错，从而找不到正确的源站。

不用CRC可减少路由器进行检验的时间。

**4-15.什么是最大传送单元 MTU？它和 IP 数据报的首部中的哪个字段有关系？**

答：IP 层下面的每一种数据链路层都规定了一个帧所能传送的数据的最大值。这数值称为最大传送单元MTU。与IP 数据报首部中的总长度字段有关系。IP数据报首部的总长度既不能超过65535字节，也不能超过数据链路层容许的MTU值。

**4-19. 主机 A 发送 IP 数据报给主机 B,途中经过了 5 个路由器。试问在 IP 数据报的发送过程总共使用几次 ARP？**

答：前提，理论上当前主机路由器 arp 表中都没有下一跳路由器 MAC。

共需 6 次， 主机A 先通过 arp 得到第一个路由器的 MAC， 之后每一个路由器转发前都通过ARP得到下一跳路由器的 MAC， 最后一条路由器将IP 包发给 B 前仍要通过 ARP 得到 B 的 MAC，共6 次。

**4-20设某路由器建立了如下路由表（这三列分别是目的网络、子网掩码和下一跳路由器，若直接交付则最后一列表示应当从哪一个接口转发出去）：**

**128.96.39.0 255.255.255.128 接口0**

**128.96.39.128 255.255.255.128 接口1**

**128.96.40.0 255.255.255.128 R2**

**192.4.153.0 255.255.255.192 R3**

**\*（默认） R4**

**现共收到5个分组，其目的站IP地址分别为：**

**（1）128.96.39.10**

**（2）128.96.40.12**

**（3）128.96.40.151**

**（4）192.4.153.17**

**（5）192.4.153.90**

**试分别计算这些分组转发的下一跳。**

答：

（1）分组的目的站IP地址为：128.96.39.10。先与子网掩码255.255.255.128相与，得128.96.39.0，可见该分组经接口0转发。

（2）分组的目的IP地址为：128.96.40.12。

①与子网掩码255.255.255.128相与得128.96.40.0，不等于128.96.39.0。

②与子网掩码255.255.255.128相与得128.96.40.0，经查路由表可知，该项分组经R2转发。

（3）分组的目的IP地址为：128.96.40.151，与子网掩码255.255.255.128相与后得128.96.40.128，与子网掩码255.255.255.192相与后得128.96.40.128，经查路由表知，该分组转发选择默认路由，经R4转发。

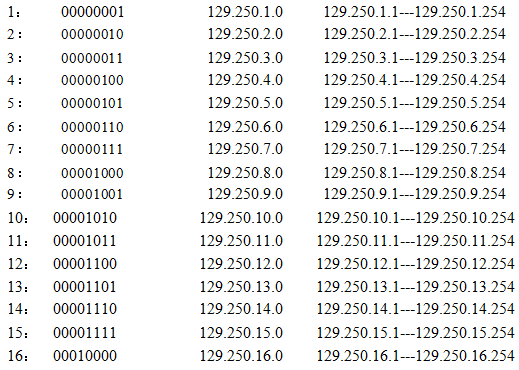
（4）分组的目的IP地址为：192.4.153.17。与子网掩码255.255.255.128相与后得192.4.153.0。与子网掩码255.255.255.192相与后得192.4.153.0，经查路由表知，该分组经R3转发。

（5）分组的目的IP地址为：192.4.153.90，与子网掩码255.255.255.128相与后得192.4.153.0。与子网掩码255.255.255.192相与后得192.4.153.64，经查路由表知，该分组转发选择默认路由，经R4转发

**4-21 某单位分配到一个 B 类 IP 地址，其 net-id 为 129.250.0.0 。该单位有 4000 台机器，平均分布在 16 个不同的地点。如选用子网掩码为 255.255.255.0 ，试给每一地点分配一个子网号码，并计算出每个地点主机号码的最小值和最大值。**

答：4000/16=250，平均每个地点 250 台机器。如选 255.255.255.0 为掩码，则每个网络所连主机数=28-2=254>250，共有子网数=28-2=254>16，能满足实际需求。

可给每个地点分配如下子网号码：



**4-22 一个数据报长度为 4000 字节（固定首部长度）。现在经过一个网络传送，但此**

**网络能够传送的最大数据长度为 1500 字节。试问应当划分为几个短些的数据报片？各数据报片的数据字段长度、片偏移字段和 MF 标志应为何数值？**

答：IP 数据报固定首部长度为 20 字节

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **总长度**  **（字节）** | **数据长度（字节）** | **MF** | **片偏移** |
| **原始数据报** | 4000 | **3980** | **0** | **0** |
| **数据报片1** | 1500 | **1480** | **1** | **0** |
| **数据报片2** | 1500 | **1480** | **1** | **185** |
| **数据报片3** | 1040 | **1020** | **0** | **370** |

其中：1480/8=185, 2\*1480/8=370

**4-26 有如下的四个/24 地址块，试进行最大可能的聚合。**

**212.56.132.0/24**

**212.56.133.0/24**

**212.56.134.0/24**

**212.56.135.0/24**

答：这些地址的前两个字节一样，只需要比较第三个字节

132=（10000100）2，

133=（10000101）2

134=（10000110）2，

135=（10000111）2

所以共同的前缀有 22 位，即 11010100 00111000 100001，聚合的 CIDR 地址块是：

212.56.132.0/22

**4-27 有两个 CIDR 地址块 208.128/11 和 208.130.28/22 。是否有哪一个地址块包含了另一地址块？如果有，请指出，并说明理由。**

答：208.128/11 的前缀为：11010000 10000000

208.130.28/22 的前缀为：11010000 10000010 00011100，它的前11 位与 208.128/11 的

前缀是一致的，所以 208.128/11 地址块包含了 208.130.28/22 这一地址块。

**4-31 以下地址中的哪一个和 86.32/12 匹配？请说明理由。**

**（1）86.33.224.123 ；（2）86.79.65.216 ；（3）86.58.119.74 ；（4）86.68.206.1 54。**

答：观察86.32/12的第二字节，转换成二进制是00100000，前4位在前缀中

（1）的第二字节33转换二进制为00100001，所以和 86.32/12 匹配

（2）的第二字节79转换二进制为01001111，所以和 86.32/12 不匹配

（3）的第二字节58转换二进制为00111010，所以和 86.32/12 不匹配

（4）的第二字节68转换二进制为01000100，所以和 86.32/12 不匹配

**4-32 以下的地址前缀中哪一个地址和 2.52.90.140 匹配？请说明理由。**

**（1）0/4；（2）32/4；（3）4/6；（4）80/4。**

答：给出的四个地址的前缀有4位和6位，因此我们观察地址2.52.90.140的第一字节，2.52.90.140/4是00000010，2.52.90.140/6是00000010

（1）0/4是0000

（2）32/4是0010

（3）4/6是000001

（4）80/4是0101

因此只有（1）和地址2.52.90.140匹配。

**4-33 下面的前缀中的哪一个和地址 152.7.77.159 及 152.31.47.252 都匹配？请说明理由。（1）152.40/13；（2）153.40/9；（3）152.64/12；（4）152.0/11。**

答：给出的四个地址的前缀有9位到13位，因此我们主要观察给出的两个地址的第二字节，把前两个字节写成二进制。

10011000 00000111 和10011000 00011111

（1）的前缀13位是：10011000 00101000 与这两个地址不匹配

（2）的前缀9位：10011001 00101000 与这两个地址不匹配

（3）的前缀12位：10011000 01000000 与这两个地址不匹配

（4）的前缀11位：10011000 00000000 与这两个地址都匹配

**4-34 与下列掩码相对应的网络前缀各有多少比特？**

**（1）192.0.0.0；（2）240.0.0.0；（3）255.224.0.0；（4）255.255.255.252 。**

答案：点分十进制的地址化成二进制记法，1 的个数就是前缀的个数。

（1）11000000 00000000 00000000 00000000，对应的网络前缀是 2 比特

（2）11110000 00000000 00000000 00000000，对应的网络前缀是 4 比特

（3）11111111 11100000 00000000 00000000，对应的网络前缀是 11 比特

（4）11111111 11111111 11111111 11111100，对应的网络前缀是 30 比特

**4-35. 已知地址块中的一个地址是 140.120.84.24/20。 试求这个地址块中的最小地址和最大地址。地址掩码是什么？地址块中共有多少个地址？相当于多少个 C 类地址？**

答： 给定的前缀是20位，因此只要观察第三字节即可。第三字节的二进制是01010100

最小地址是：140.120.(0101 0000).0/20，即140.120.80.0/20

最大地址是：140.120.(0101 1111).255/20，即140.120.95.255/20

地址数是 212=4096.相当于 16 个 C 类地址。

**4-36. 已知地址块中的一个地址是 190.87.140.202/29。重新计算上题。**

答：只需观察第四字节，其二进制为1100 1010

最小地址是：190.87.140.(1100 1000)/29，即190.87.140.200/29

最大地址是：190.87.140.(1100 1111)/29，即190.87.140.207/29

地址数是 8.相当于 1/32 个 C 类地址。

**4-51 已知一个CIDR地址块为200.56.168.0/21.**

**（1）试用二进制形式表示这个地址块.**

**（2）这个CIDR地址块包括多少个C类地址？**

答：（1）200.56.138.0/21=**11001000 00111000 10101**000 00000000（有下划线的粗体数字表示网络前缀）

（2）C类地址块的网络号是24位，比上面的CIDR地址块多3位。因此这个CIDR地址块包含23=8个C类地址块。

**4-18、19、20、22、27、33、46、47、48、49（除了4-19外，其他的在课本后都有详细答案，有些在前面出现过）**

**4-19 某单位分配到一个地址块129.250/16.该单位有4000台计算机，平均分布在16个不同的地点。试给每一个地点分配一个地址块，并计算出每个地址块中IP地址的最小值和最大值。**

答：4000台计算机平均分布在16个不同的地点，每个地点有250台计算机。因此，主机号有8位就够了。网络前缀可以选用24位。16个不同地点需要有16个地址块。每个地点分到一个/24地址块就够了。结果如下：

129.250.1/24，地址块中的最小IP地址129.250.1.0，最大IP129.250.1.255

129.250.2/24，地址块中的最小IP地址129.250.2.0，最大IP129.250.2.255

……

129.250.16/24，地址块中的最小IP地址129.250.16.0，最大IP129.250.16.255

若此题问可供分配的IP地址，则最小是.1最大是.254。