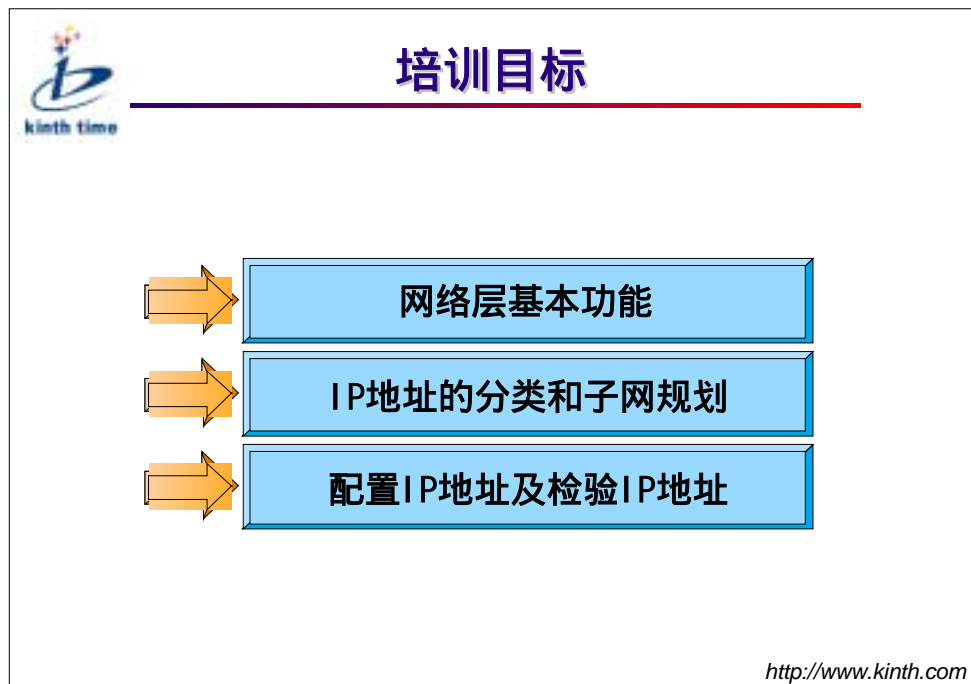


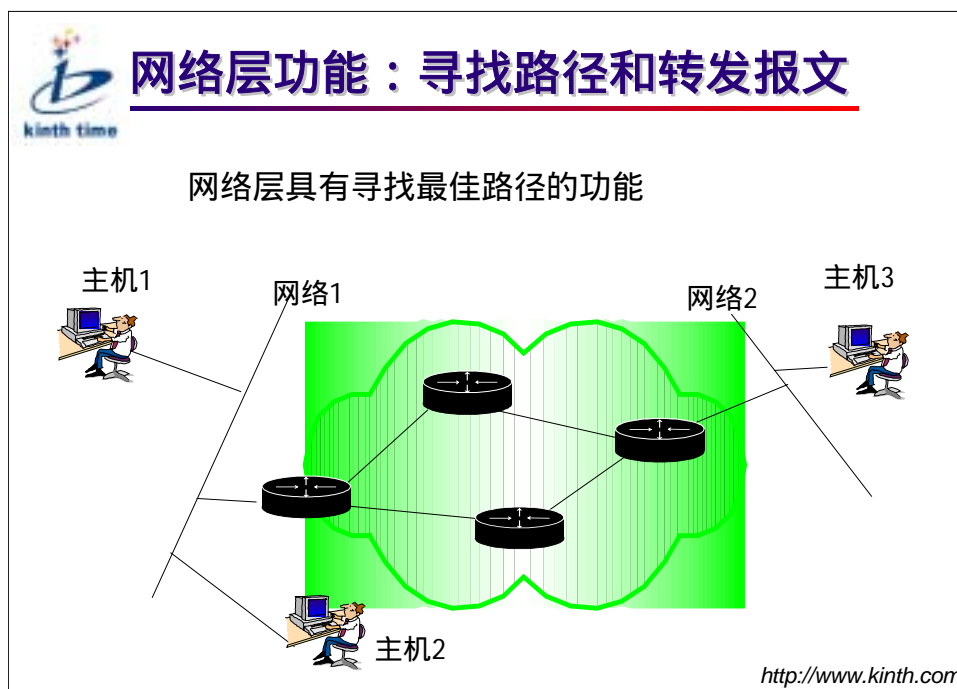
第七章 网络层基础及子网规划

.1 培训目标




.2 网络层基础

.2.1 网络层功能



当报文在网络云中传送时，从源主机到达目的主机，需要各个中间点决定路径，即寻找路径，这种功能由路由器中的网络层完成。路由器的网络层评估到达目标的各个路径，对要转发报文进行适当的处理。路由器使用网络拓扑信息评估到达目标的各个路径，这些网络拓扑信息是由网络管理员手工配置或通过路由协议动态获得的。网络层为它的上一层（传输层）提供报文转发的服务。网络层把报文从报文源发送到报文的目的地。网络层提供端到端的尽力传送的服务。

2.2 网络协议地址



不同网络协议地址

地址格式	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Network</td> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Node</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">m</td> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">n</td> </tr> </table>	Network	Node	m	n	
Network	Node					
m	n					
TCP/IP地址	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Network</td> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Host</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">10.</td> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">8.2.48</td> </tr> </table>	Network	Host	10.	8.2.48	
Network	Host					
10.	8.2.48					
Novell IPX 地址	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Network</td> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">Node</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">1aceb0b.</td> <td style="background-color: #00FFFF; padding: 2px;">0000.0c00.6e25</td> </tr> </table>	Network	Node	1aceb0b.	0000.0c00.6e25	
Network	Node					
1aceb0b.	0000.0c00.6e25					

<http://www.kinth.com>

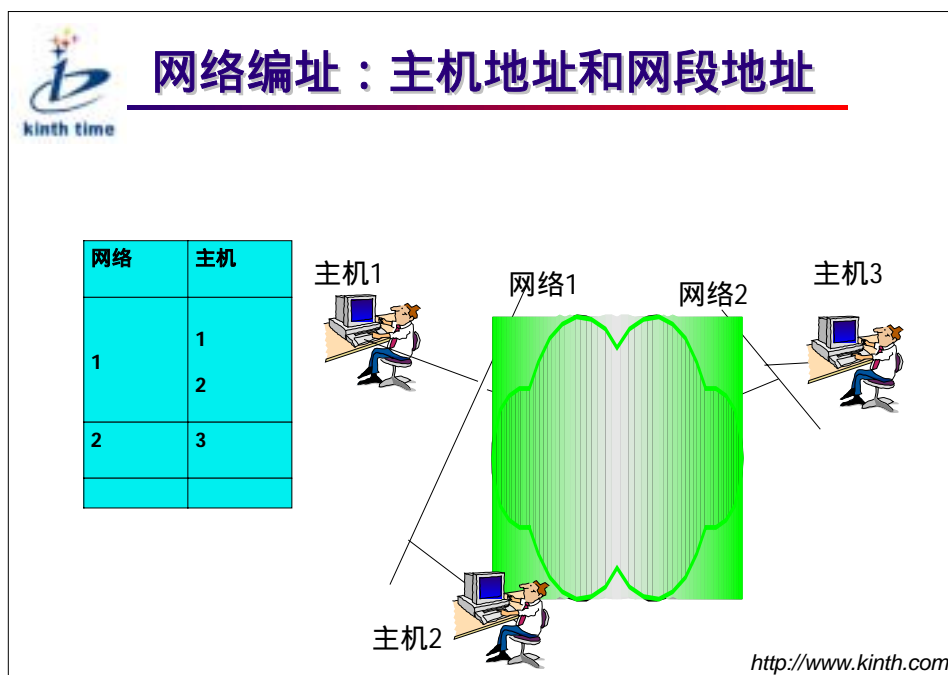
网络地址由两部分地址组成：网段地址和主机地址。如何解释两部分地址？地址分配应有何特权？不同协议这些问题的答案各不相同。

例如，TCP/IP 中 IP 地址采用点分十进制数字显示地址的网段部分和主机部分，利用掩码区分 IP 地址的网络部分、主机部分。如现有一个 IP 地址是 10.8.2.48，掩码是 255.0.0.0。将 IP 地址 10.8.2.48 与掩码 255.0.0.0 相与，得出 10.0.0.0。则 10 为网络部分，该 IP 地址的网络号为 10。IP 地址中剩余部分 8.2.48 是主机部分，该 IP 地址的主机号是 8.2.48。

又如，Novell IPX 使用与 IP 协议不同的网络地址，但也是由两部分组成：网段部分（32 比特）、主机部分（48 比特）。如 bc.0.0cb.47。网络号是 bc；主机号是 0.0cb.47。

以上是两种最通用的网络层地址类型，在下面几页中，您将能学到更多的这些协议的地址规则。

.2.3 网络协议编址



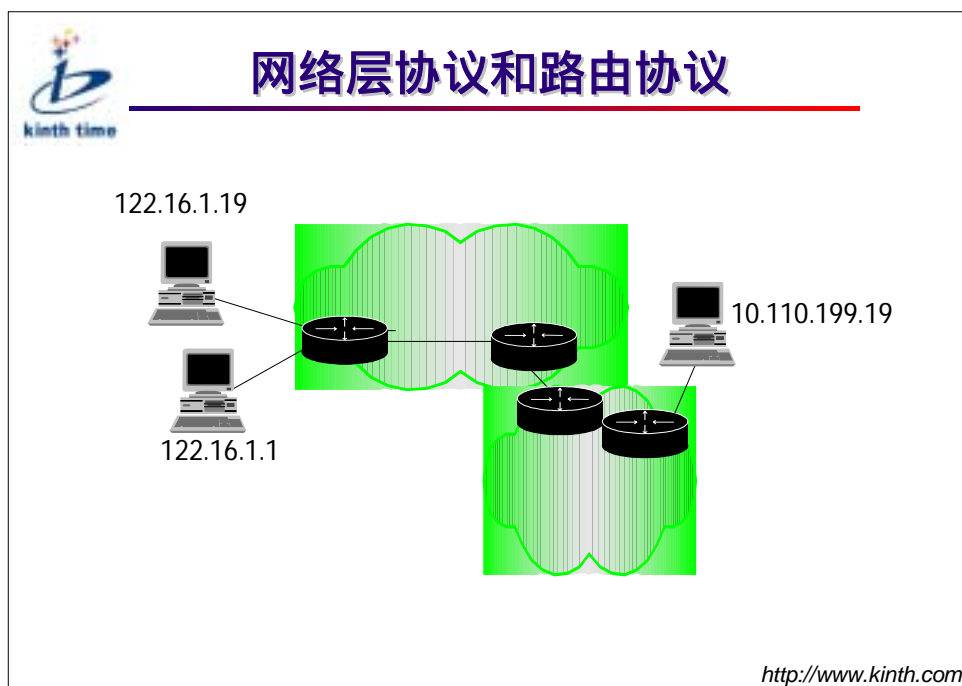
路由器的基本功能就是“将报文从一个地方送到另一个地方”。即：将报文从一个接口转发到另外一个接口。为了转发报文,路由器使用两种最基本功能:寻径和转发。

上图显示路由器如何使用寻径和转发功能。

路由器根据报文的网段地址在报文流经的中间路径实现报文的转发，根据报文的地址，在目的主机所在的网络中将报文发送给目的主机。寻径功能能够计算出从路由器到目的地的完整路径，路由器的责任就是转发报文到最佳路径的下一个网络，最佳路径代表一个到达目的地的方向。寻径功能使路由器选择最合适的接口发送报文。

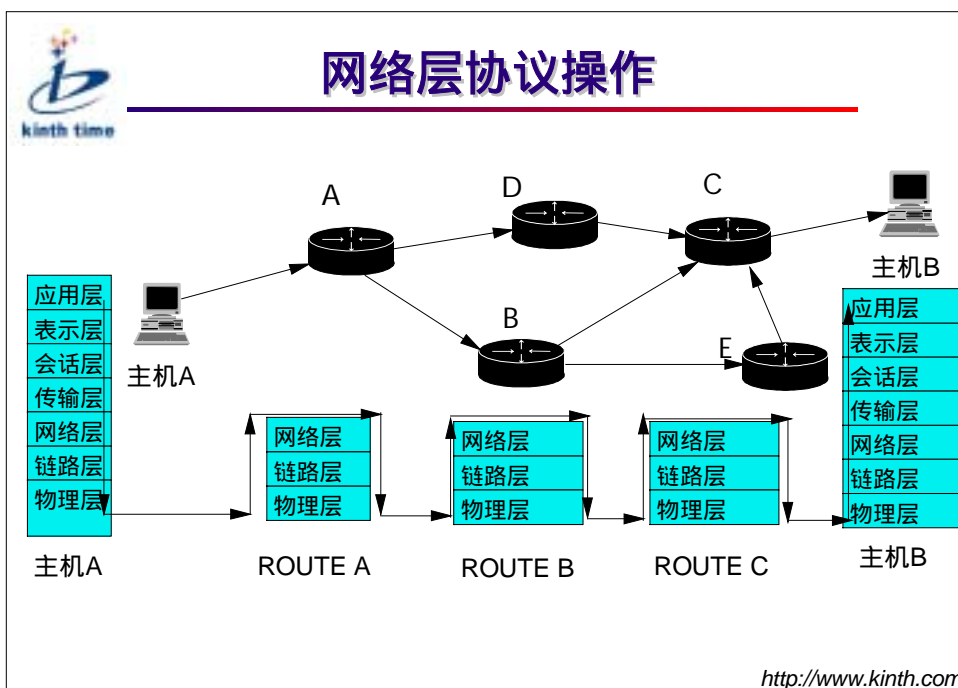
转发功能使路由器把从一个接口收到的报文经由寻径功能选择的接口发送出去。

.2.4 网络协议与路由协议



任何网络层协议在它的网络层地址中提供足够的信息，以实现报文的发送。网络层协议中定义了报文的各个域的含意和用途。网络层协议目前实现了报文的端到端转发，IP 和 IPX 就是两种网络层协议。路由协议通过提供“共享路由信息”的机制来支持网络层协议对报文进行寻径。路由协议通过网络层在路由器之间传递路由信息。路由协议使路由器能够修改和维护自己的路由表。路由协议不携带任何终端用户数据在网络间移动，用户数据要通过网络层协议在路由器之间传送。TCP/IP 路由协议包括 RIP、IGRP、OSPF 等等。

2.5 网络层工作原理



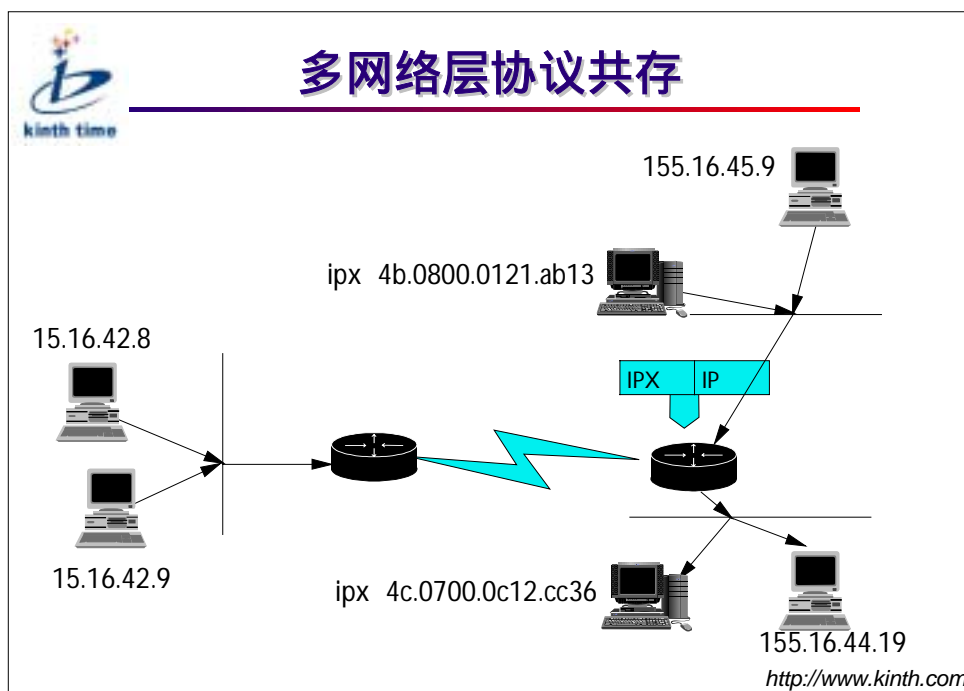
当主机应用程序需要发送报文到处于另一个物理网络的目的地时，与该主机在同一物理网络上的路由器的一个接口会收到数据帧，路由器中的链路层检查该帧，确定被携带的网络层数据类型，去掉链路层帧头，并将网络层数据送往相应的网络层进行处理。

网络层检查报文头以决定目的地址所在网段，然后查找路由表获取相应输出接口。

输出接口的链路层为该报文加上链路层帧头，封装成数据帧并发送到下一跳。

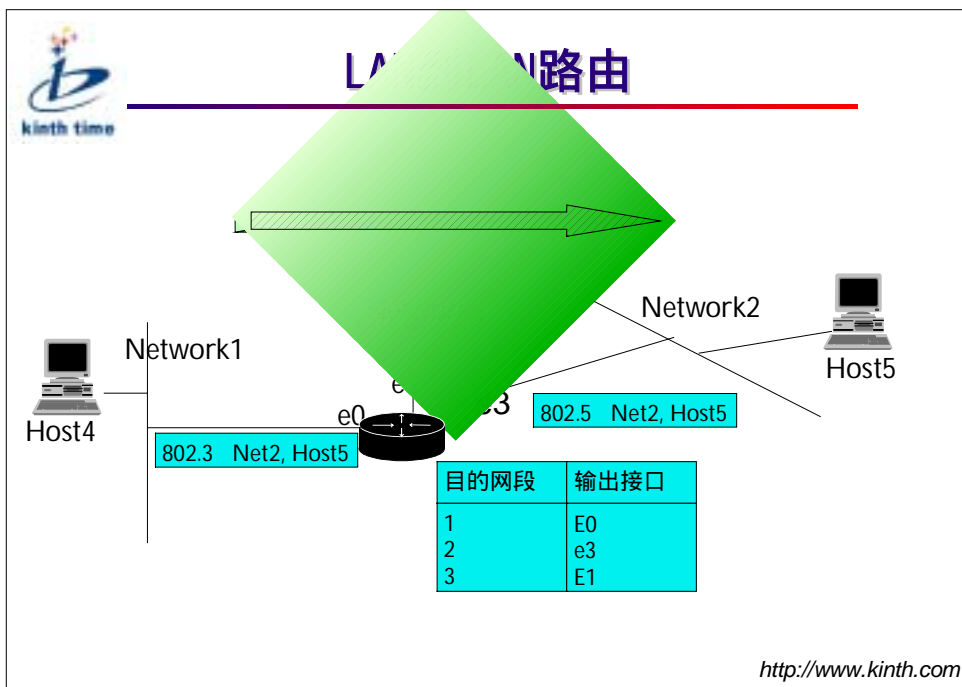
每一个报文的转发都要进行这一过程。在到达目的主机所在网络时，报文被封装成目的地网络的链路层数据帧，发送给相应的目的主机。目的主机接收到该报文后，经过链路层、网络层的处理，去掉链路层帧头、网络层报文头后，送给相应的协议。

2.6 多协议共存特性



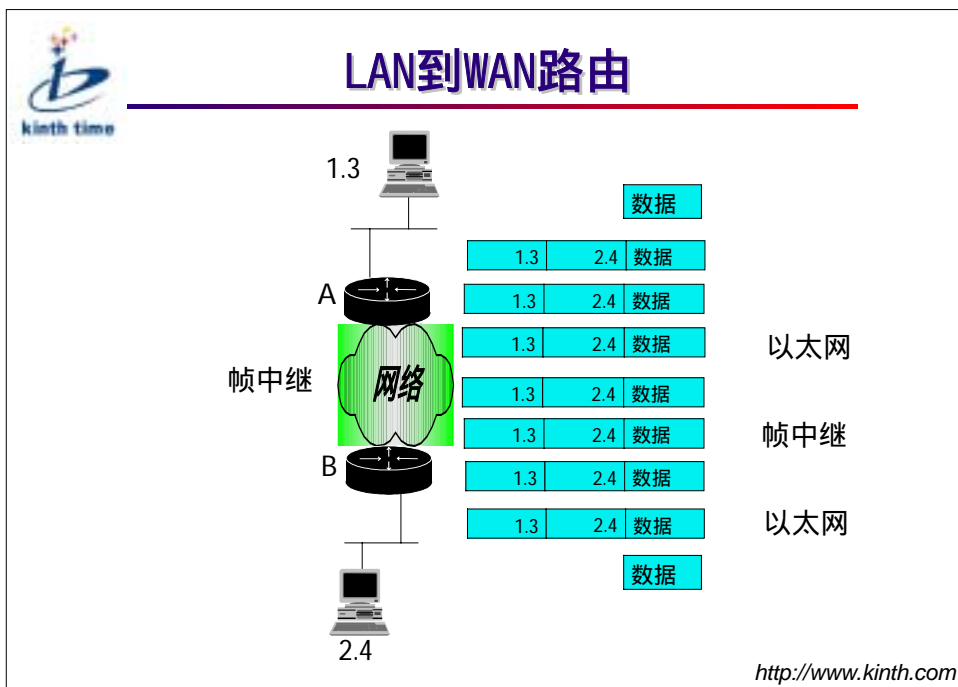
路由器能支持多个相互独立的路由协议，能为不同的网络层协议（如IP、IPX）维护各自的路由表。路由器的这种能力允许路由器能同时支持多种网络层协议，进行报文的转发。
网络层协议和路由协议相互间独立。

.2.7 LAN 到 LAN 路由



网络层必然要通过各种各样的链路层发送报文。
 路由器一定要具备在不改变网络层地址的前提下无缝地将报文封装成各种链路层数据帧的能力。
 如图，报文从处于 Net1 的 Host4 发送到 Net2 的 Host5。路由器根据报文的网络层目的地址寻找路径。
 路由器查找路由表，发现最佳路径是从 E3 发出。路由器将报文封装成 E3 的链路层数据帧发送出去。
 路由器转发报文时，链路层的帧格式会发生改变。但网络层的源地址和目的地址都不会发生变化。

.2.8 LAN 到 WAN 路由



随着网络的增长，报文传送过程中可能会遇到各种各样的数据链路。如图，报文从位于图顶端的工作站必须经过三个数据链路层到达文件服务器。

工作站将封装成以太网帧格式的报文发送到路由器 A。

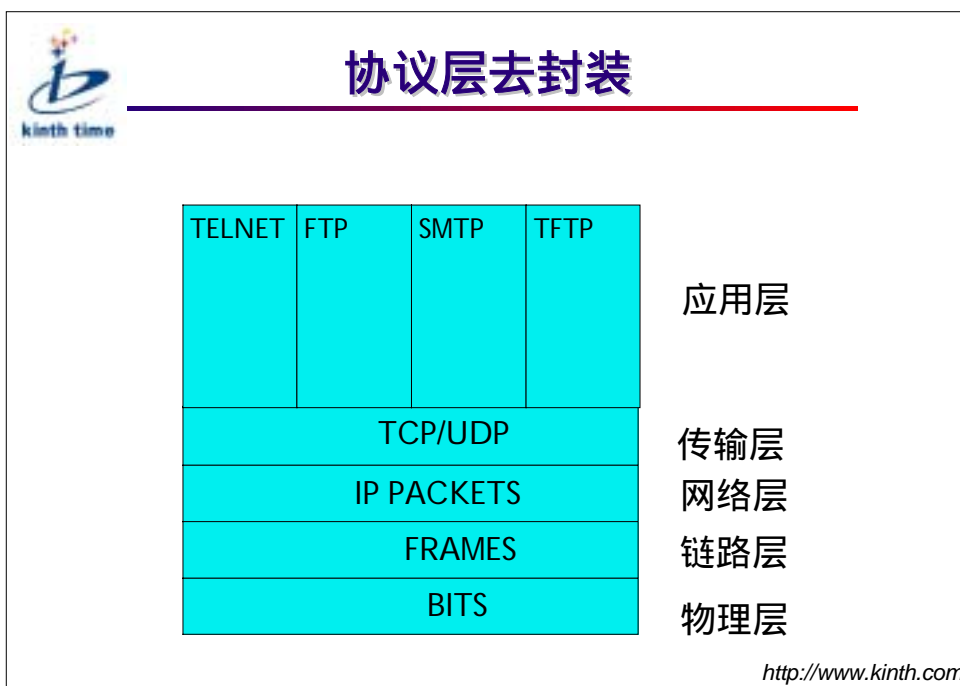
路由器 A 收到以太网帧格式的报文后根据输出端口的帧格式，将链路层的数据帧格式改成帧中继的帧格式，发送到路由器 B。

路由器 B 收到帧中继帧格式的报文后再改为以太网帧格式发送到文件服务器。

文件服务器收到报文后，交给相应的上层进程处理。

路由器在 LAN 到 WAN 报文转发中，始终保持端到端网络层的源 IP 地址和目标 IP 地址不变。

2.9 协议层去封装



如同 ISO/OSI 协议层一样，TCP/IP 协议在报文转发过程中，封装和去封装发生在各层之间。

在发送方，加封装的操作是逐层进行的。应用程序将要发送的数据送给传输层；传输层（TCP/UDP）加上本层的报文头后，发送给网络层（IP 层）；网络层加上本层的报文头后，再发送给链路层（以太网、帧中继、PPP、HDLC 等）；链路层加上本层的帧头，就送给物理层将报文发送出去。

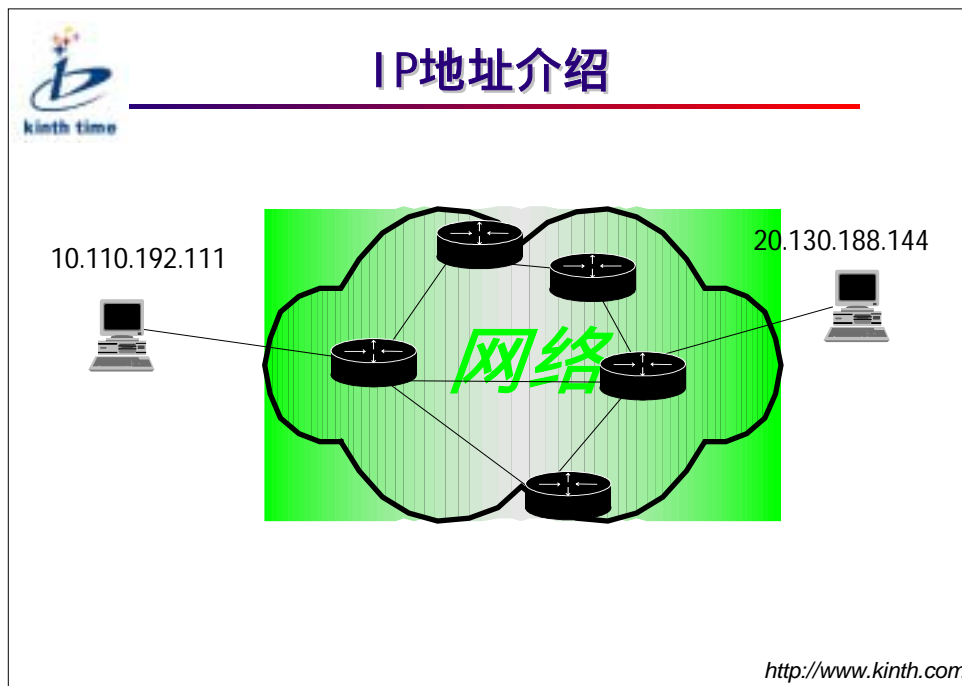
在接收方，这种去封装的操作也是逐层进行的。

从接口上发送的报文被组成链路层数据帧。在报文的链路层帧头域中，如果是以太网帧，则有 MAC 地址；如果是广域网，则有相应的广域网的链路层地址。

- ☞ 链路层帧头包含类型（Ethernet_II）和其它控制信息和数据。
- ☞ 网络层的报文头，如 IP 报文头中包含它所携带的报文协议类型，这个数字指定第四层即传输层的协议是 UDP（17）还是 TCP（6），还是其他的协议。
- ☞ 在传输层报文头中，包含接收它所携带的数据的上层协议或应用程序的端口号，例如，Telnet 的端口号是 23。
- ☞ 应用层协议或应用程序利用传输层，向用户提供端到端的网络功能。

.3 IP 地址基础和子网规划

.3.1 IP 地址介绍

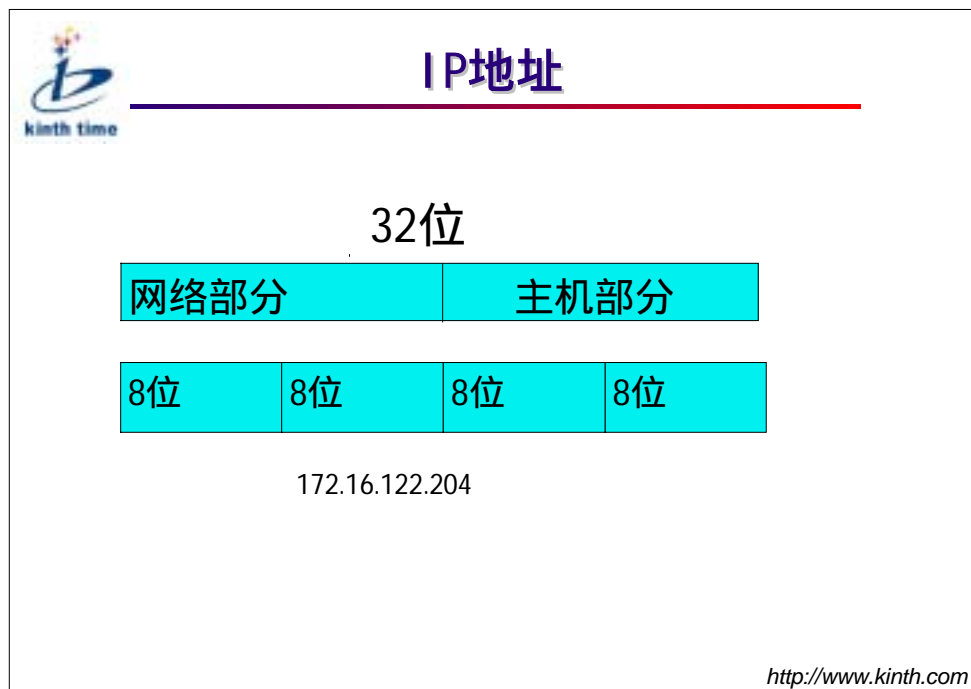


在 TCP/IP 环境中，各种各样的终端、工作站能同服务器、其它工作站无缝连接，是因为每一网络节点都使用了在全网范围内能够唯一标识本节点的 IP 地址。

在互联网上，报文的发送经常基于名称，而不是枯燥的 IP 地址。如果在通讯过程中使用名字而不是 IP 地址，则需先将名字转化成 IP 地址，然后再发送。

在互联网上每个公司被看作单个网络，在能访问到公司的主机之前必须先能访问到它所在的网络。每个网络有一个全网唯一的网络号，在该网络中的各主机共享这个网段号（网段地址）。同时，各主机有可唯一标识自己的主机号。

.3.2 IP 地址



IP 地址有 32 位比特位，分为两部分：

- ☞ 网段地址部分；
- ☞ 主机地址部份。

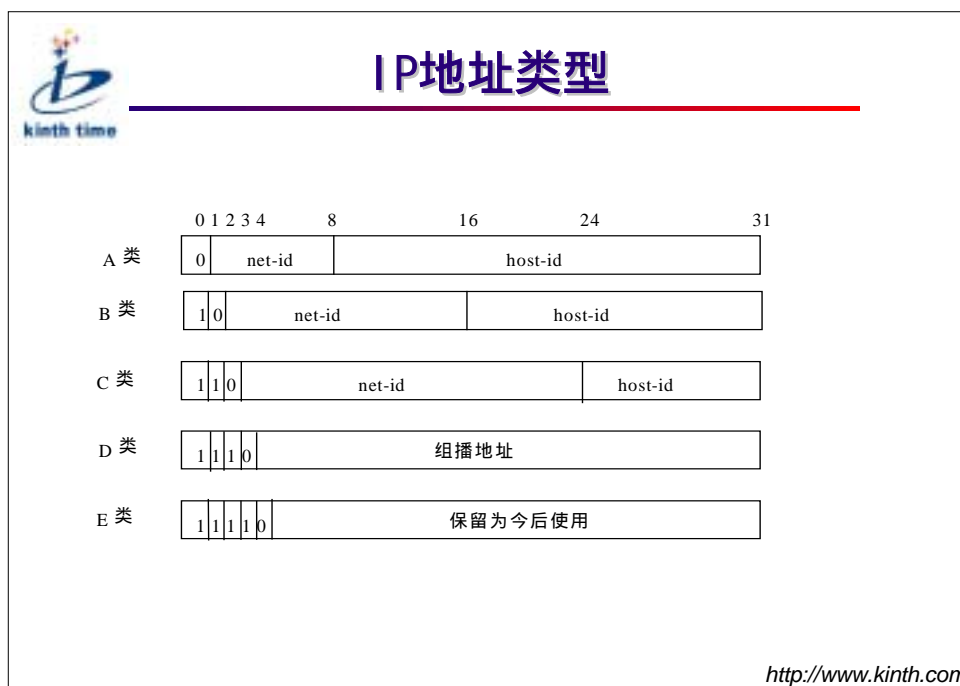
地址采用点分十进制格式：

如 172.16.112.204

- ☞ 八位组每位有二进制权（128，……，4，2，1）
- ☞ 八位组最大值为 255
- ☞ 八位组最小值为 0

IP 地址的分配由地址分配中心管理。

3.3 IP 地址类型




当初开发 IP 协议时，IP 地址并没有分类。后来为了管理上的需要，对 IP 地址进行了分类：

有 126 个 A 类网络，每个 A 类网络包括大约 1600 万个 IP 地址；有 16000 余个 B 类网络，每个 B 类网络包括 65534 个 IP 地址；有 200 多万 C 类网络，每个 C 类网络包括 254 个 IP 地址。

这种地址分配原则允许地址管理机构基于网络大小来分配地址。

D 类地址从 224.0.0.0 开始，为多播使用。E 类地址从 240.0.0.0 开始，用于实验目的。

.3.4 IP 地址范围



IP地址范围

网络类别	最大网络数	第一个可用的网络号码	最后一个可用的网络号码	每个网络中的最大主机数
A	126	1	126	16,777,214
B	16,382	128.1	191.254	65,534
C	2,097,150	192.0.1	223.255.254	254

<http://www.kinth.com>

IP 地址最高五位决定了 IP 地址的种类。

☞ A 类地址：

地址从 1.0.0.0 到 126.0.0.0 ，共 16777214 个主机地址；

☞ B 类地址：

地址从 128.1.0.0 到 191.254.0.0 ，共 65534 个主机地址；

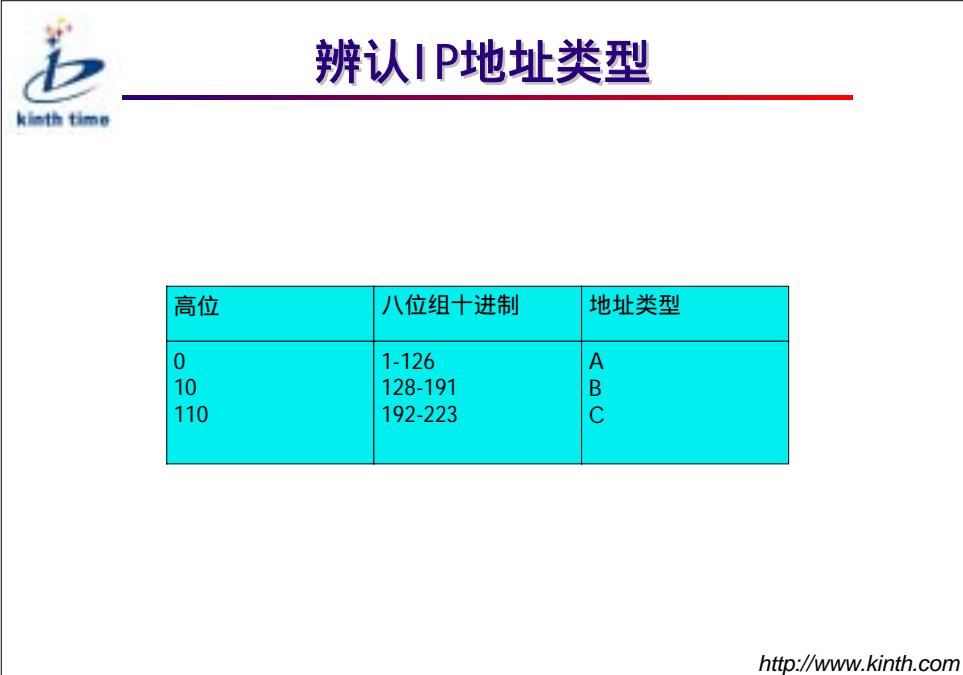
☞ C 类地址：

地址从 192.0.1.0 到 223.255.254.0 ，共 254 个主机地址；

☞ D 类地址：

从 224.0.0.0 到 239.255.255.254。

.3.5 IP 地址辨别



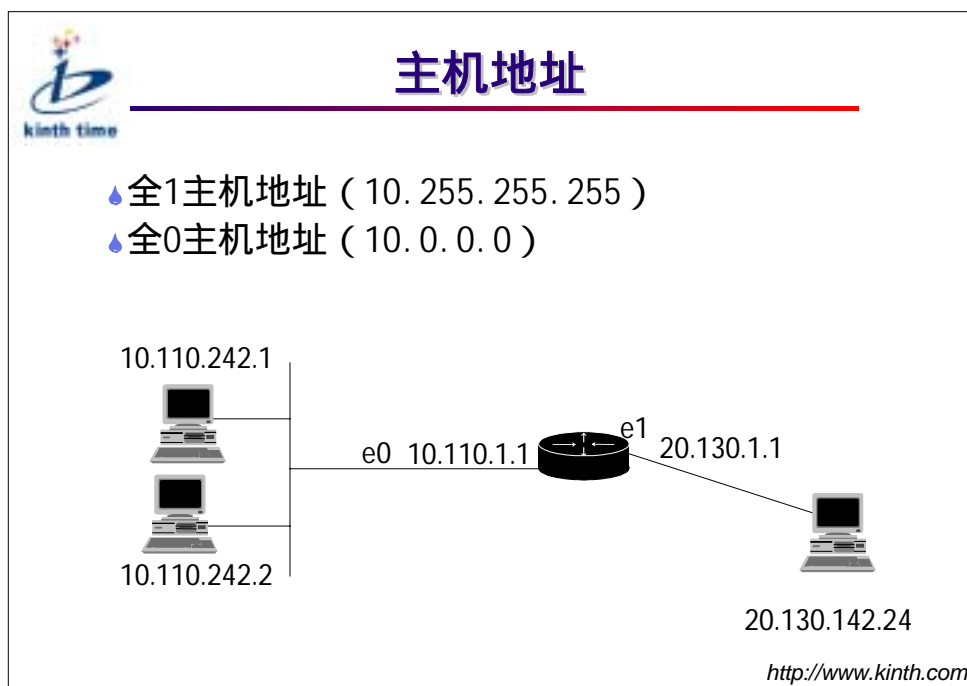
高位	八位组十进制	地址类型
0	1-126	A
10	128-191	B
110	192-223	C

<http://www.kinth.com>

图中第一个八位组决定了 IP 地址的类型。

IP 地址以这种方法定义，使用时可以很快从中抽出主机地址和网段地址部分。当决定将一个分组发往何处时，路由器使用地址的网段部分。路由器因为能高效地提取网段地址从而达到很高的报文转发速度。

.3.6 主机地址



每一设备和接口必须有一个主机地址(即 IP 地址的主机部分不能为全 0 或全为 1)。

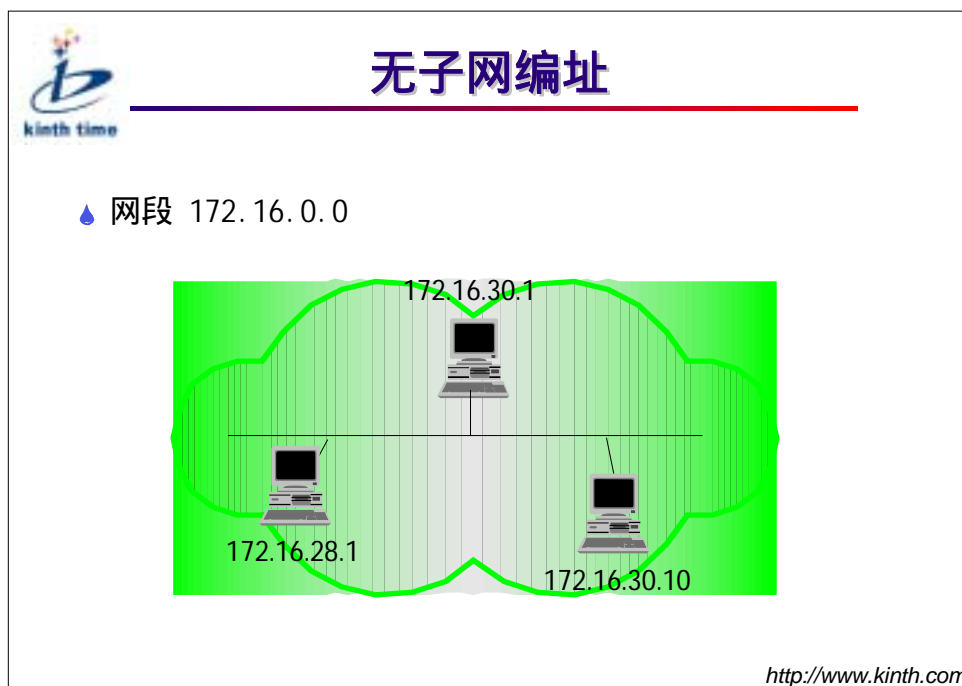
- ☞ 全 1 主机地址保留给 IP 广播使用。
- ☞ 全 0 主机地址意味着这个网络本身,有些早期的网络把它作为广播地址使用。

路由表中包含网段地址,它通常不包含主机地址。

在接口上的 IP 地址和子网地址实现三个功能:

- ☞ 使系统收发报文;
- ☞ 指定设备地址;
- ☞ 指定共享同一线路的设备地址范围。

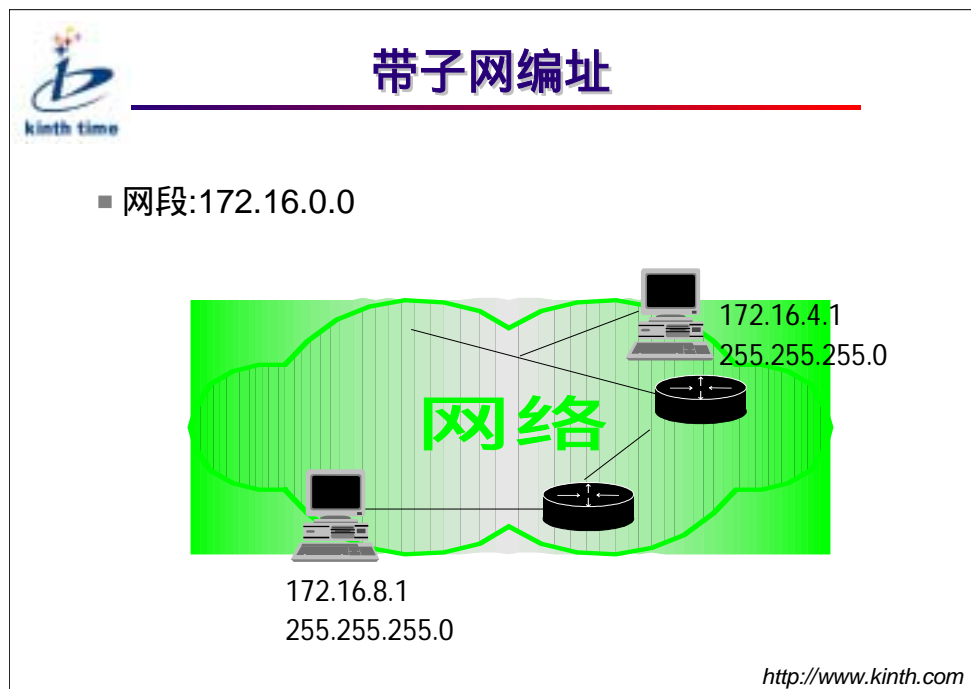
.3.7 无子网编址



对于没有子网的 IP 地址组织，外部将该组织看作单一网络，不需要知道内部结构。例如，所有到地址 172.16.X.X 被认为同一方向，不考虑地址的第三和第四个 8 位分组，这种方案的好处是减少路由表的项目。但这种方案没法区分一个大的网络内不同的子网网段，这使网络内所有主机都能收到在该大的网络内的广播，会降低网络的性能。另外也不利于管理。

比如，一个 B 类网可容纳 65000 个主机在网络内。但是没有任何一个单位能够同时管理这么多主机。这就需要一种方法将这种网络分为不同的网段。按照各个子网段进行管理。

.3.8 带子网编址

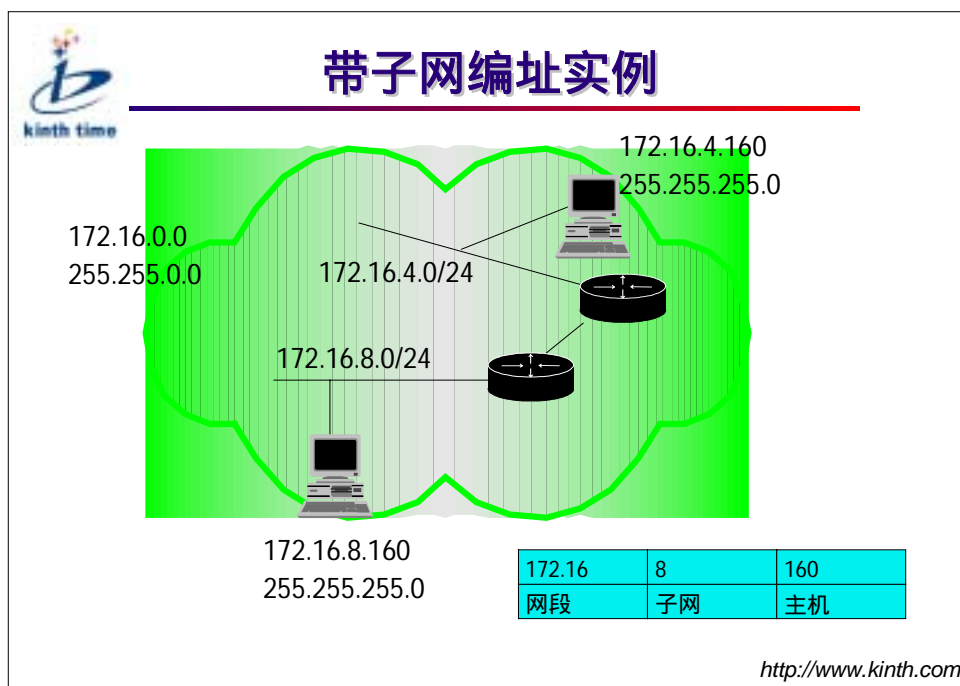


利用子网，网络地址的使用会更有效。对外 仍为一个网络，对内部而言，则分为不同的子网。

如图：网络 172.16.0.0 分为两个网段：172.16.4.0、172.16.8.0。

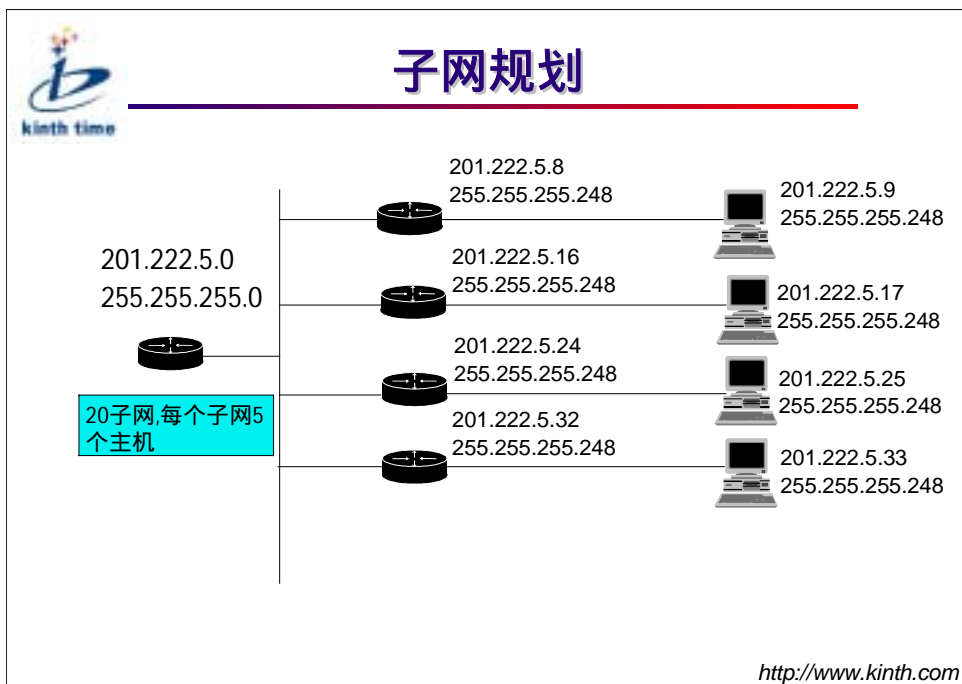
如果公司的财务部使用 172.16.4.0 子网段；公司的工程部使用 172.16.8.0 子网段。这样可使路由器根据目的子网地址进行路由，从而限制一个子网的广播报文发送到其它网段，不对网络的效率产生影响。

3.9 带子网编址举例



从地址分配的角度来看，子网是网段地址的扩充。网络管理员根据组织增长的需要决定子网的大小。
网络设备使用子网掩码决定 IP 地址中哪部分为网络部分，哪部分为主机部分。


3.10 子网规划



在这个例子中，网段地址是一个 C 类地址：201.222.5.0。假设需要 20 个子网，其中每个子网 5 个主机，就要把主机地址的最后一个八位组分成子网部分和主机部分。

子网部分的位数决定了子网的数目。在这个例子中子网部分占有 5 位，最大可提供 $30(2^5 - 2)$ 个子网。剩余 3 位为主机部分。一共有 8 个 (2^3) 值。主机部分全是 0 的 IP 地址，是保留地址；主机部分全是 1 的 IP 地址是本子网的广播地址。这样就剩余 6 个主机地址。可以满足需要。

7.3.10.1 B 类子网规划实例



B类子网规划实例

子网地址	172.16.2.0
主机地址	172.16.2.1-172.16.2.254
广播地址	172.16.2.255

IP主机地址	172.16.2.120
子网掩码	255.255.255.0


<http://www.kinth.com>

对于 B 类网络来说，如果子网有八位，则能提供 254 个子网，每个子网可容纳 254 台主机。

NO.Bits	Subnet Mask	No.Subnets
No.Hosts		
2	255.255.192.0	2
16382		
3	255.255.224.0	6
8190		
4	255.255.240.0	14
4094		
5	255.255.248.0	30
2046		
6	255.255.252.0	62
1022		
7	255.255.254.0	126
510		
8	255.255.255.0	254
254		
9	255.255.255.128	510
126		
10	255.255.255.192	1022
62		
11	255.255.255.224	2046

30		
12	255.255.255.240	4096
14		
13	255.255.255.248	8190
6		
14	255.255.255.252	16382
2		

7.3.10.2 C 类子网规划实例



C类子网规划实例

子网地址	192.168.5.120
主机地址	192.168.5.121-192.168.5.126
广播地址	192.168.5.127
IP主机地址	192.168.5.121
子网掩码	255.255.255.248

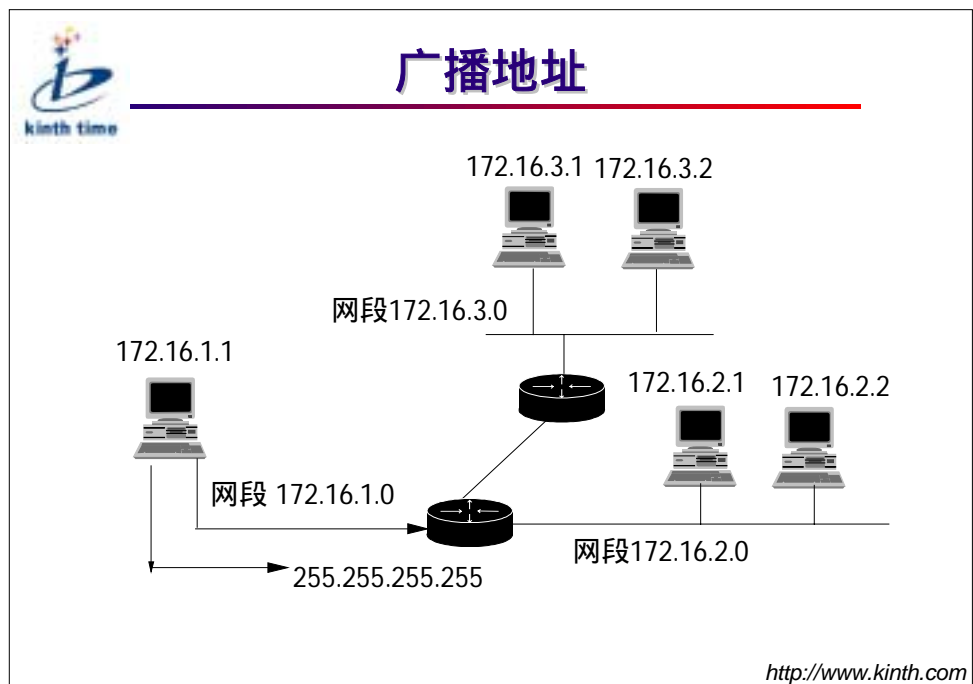
子网位数	子网掩码	子网数	每一子网主机数
2	255.255.255.192	2	62
3	255.255.255.224	6	30
4	255.255.255.240	14	14
5	255.255.255.248	30	6
6	255.255.255.252	62	2

<http://www.kinth.com>

对于图中 C 类网络来说，如果子网有五位，则能提供 30 个子网，每个子网可容纳 6 台主机。

NO.Bits	Subnet Mask	No.Subnets
No.Hosts		
2	255.255.255.192	2
62		
3	255.255.255.224	6
30		
4	255.255.255.240	14
14		
5	255.255.255.248	30
6		
6	255.255.255.252	62
2		

.3.11 广播地址




Internet 网支持广播地址。广播信息是那些要求每台主机都要收到的信息。广播地址有两种：

- ☞ 直接广播地址：有网络号但主机部分是全 1，可由路由器转发。
- ☞ 有限广播地址：全 1 的 IP 地址，即 255.255.255.255。不能被路由器传递，只能在本网段内广播。

.4 IP 地址配置及检验

.4.1 配置 IP 地址



配置IP地址

1. 配置接口主IP地址：
IP ADDRESS *ip_address mask*
2. 配置接口从IP地址：(可配多个)
IP ADDRESS *ip_address mask SECONDARY*
3. 删除IP地址：
NO IP ADDRESS [*ip_address*]

<http://www.kinth.com>

路由器是通过掩码来识别 IP 地址的网络部分、主机部分。例如：路由器以太网口的 IP 地址是 129.9.30.42，掩码是 255.255.0.0，将 IP 地址与掩码相与，可知路由器以太网接口的 IP 地址的网络部分是 129.9.0.0，主机部分是 30.42。

.4.2 静态域名解析



静态域名解析配置命令

1. 配置静态域名解析：
HOST *hostname* *hostaddr*
2. 删除静态域名解析：
NO HOST *hostname*
3. 显示静态域名解析：
SHOW HOST

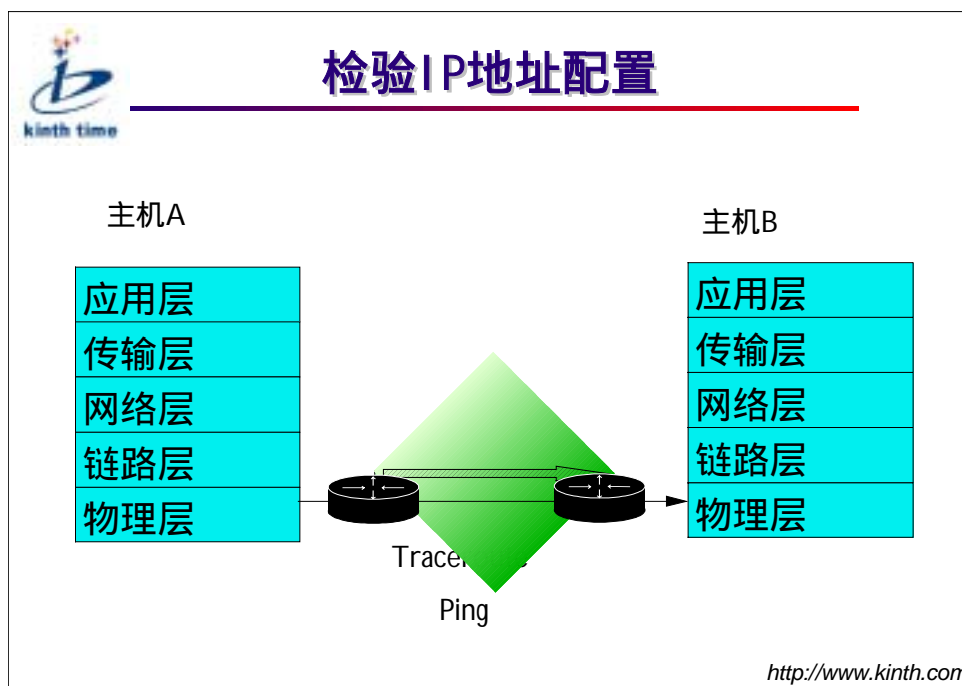
<http://www.kinth.com>

配置静态域名解析：

```
Quidway(config) # host quidway1 129.102.10.1
```

当用户在 Quidway 路由器上配置了该命令，用户就可以使用 quidway1 来代替 129.102.10.1 这个 IP 地址了。

4.3 网络检测工具

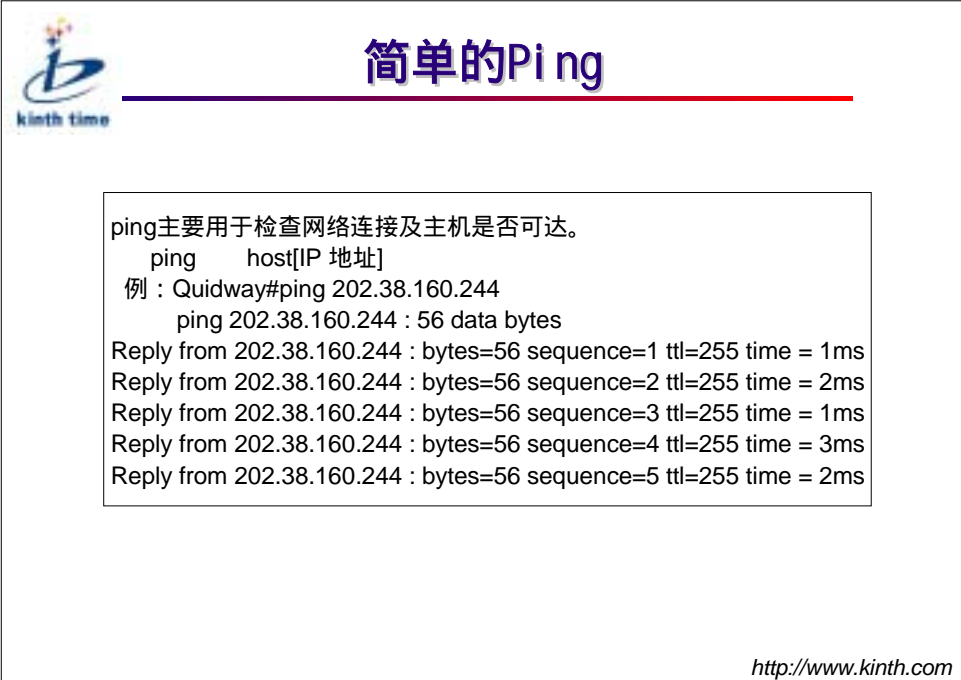


下面这些工具使您能检验 IP 地址配置的正确性：

Ping：是一种检验物理层、链路层、网络层连通性的测试工具。

Tracert：是一种用来对远端网络或子网上设备和主机间的路由进行跟踪、探测的工具。

Ping 命令



简单的Ping


ping主要用于检查网络连接及主机是否可达。

```
ping host[IP 地址]
例：Quidway#ping 202.38.160.244
ping 202.38.160.244 : 56 data bytes
Reply from 202.38.160.244 : bytes=56 sequence=1 ttl=255 time = 1ms
Reply from 202.38.160.244 : bytes=56 sequence=2 ttl=255 time = 2ms
Reply from 202.38.160.244 : bytes=56 sequence=3 ttl=255 time = 1ms
Reply from 202.38.160.244 : bytes=56 sequence=4 ttl=255 time = 3ms
Reply from 202.38.160.244 : bytes=56 sequence=5 ttl=255 time = 2ms
```

<http://www.kinth.com>

Ping 主要用于检查网络连接是否正常以及主机是否可达。

Traceroute 举例




简单Traceroute例子

```
Quidway# tracert 35.1.1.48
traceroute to nis.nsf.net (35.1.1.48), 30 hops max, 56 byte packet
 1 helios.ee.lbl.gov (128.3.112.1) 19 ms 19 ms 0 ms
 2 lilac-dmc.Berkeley.EDU (128.32.216.1) 39 ms 39 ms 19 ms
 3 ccngw-ner-cc.Berkeley.EDU (128.32.136.23) 39 ms 40 ms 39
ms
 4 ccn-nerif22.Berkeley.EDU (128.32.168.22) 39 ms 39 ms 39 ms
 5 128.32.197.4 (128.32.197.4) 40 ms 59 ms 59 ms
 6 131.119.2.5 (131.119.2.5) 59 ms 59 ms 59 ms
 7 129.140.70.13 (129.140.70.13) 99 ms 99 ms 80 ms
 8 129.140.71.6 (129.140.71.6) 139 ms 239 ms 319 ms
 9 129.140.81.7 (129.140.81.7) 220 ms 199 ms 199 ms
10 nic.merit.edu (35.1.1.48) 239 ms 239 ms 239 ms
```

<http://www.kinth.com>

从上面结果可以看出从源主机到目的地都经过了哪些网关，这对于网络分析是非常有用的。

.5 小结



小结

- ◆ IP 地址是一个32位, 点分十进制形式
- ◆ 路由器接口能配置IP地址
- ◆ PING 和 TRACEROUTE 能检验IP地址配置

<http://www.kinth.com>

.6 本章重点



本章重点

- ◆ 网络层功能: 寻找路径和转发报文
- ◆ 网络地址的组成: 网段地址和主机地址
- ◆ 数据报文的封装与去封装
- ◆ IP地址的分类: A、B、C、D、E类地址
- ◆ 特殊的主机地址: 全0主机地址和全1主机地址
- ◆ IP地址的子网化及子网规划

<http://www.kinth.com>