



河海大学 计算机与信息学院

计算机专业课程

计算机网络

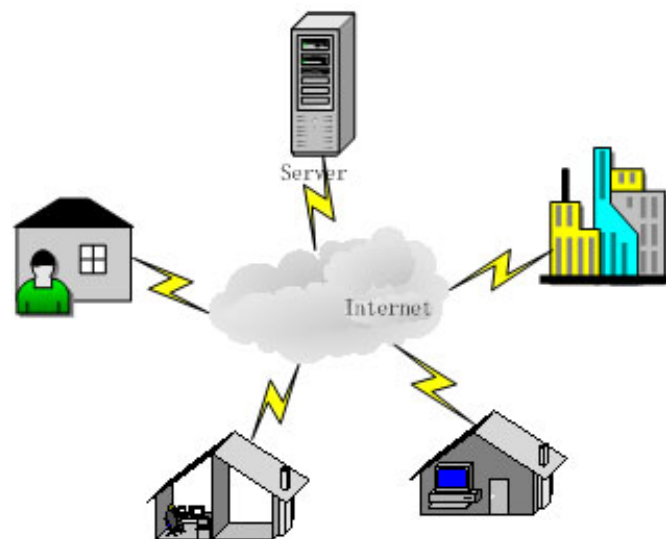
河海大学计算机与信息学院

2019年4月24日星期三



计算机专业课程

- 第1章 网络概述
- 第2章 网络体系结构
- 第3章 物理层
- 第4章 数据链路层
- 第5章 局域网
- 第6章 网络层**
- 第7章 传输层
- 第8章 应用层
- 第9章 网络管理和安全





因特网控制消息协议 ICMP

ICMP是“Internet Control Message Protocol”

（Internet控制消息协议）的缩写。它是TCP/IP协议族的一个子协议，用于在IP主机、路由器之间传递控制消息。控制消息是指网络通不通、主机是否可达、路由是否可用等网络本身的消息。这些控制消息虽然并不传输用户数据，但是对于用户数据的传递起着重要的作用。



ICMP的作用

(1) IP协议没有差错报告或者差错纠正机制。

当遇到网络通不通、主机是否可达、路由是否可用等情况时，IP协议没有内建的机制可以通知发出该数据报的主机的例子

(2) IP协议还缺少主机和管理查询所需要的机制。

主机有时候需要判断某个路由器或者对方主机是否活跃。有时网络管理员也需要来自其他主机或者路由器的信息。

ICMP的设计就是为了弥补IP协议的两个缺陷的：即：1) IP协议没有差错报告或者差错纠正机制；2) IP协议还缺少主机和管理查询所需机制。



ICMP数据包的层次

层次： ICMP数据包是封装在IP数据包中的。

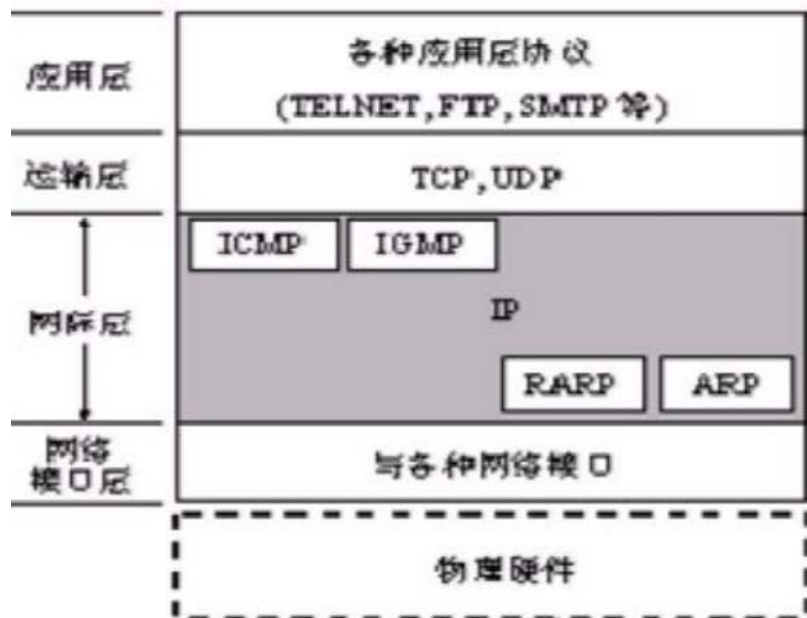
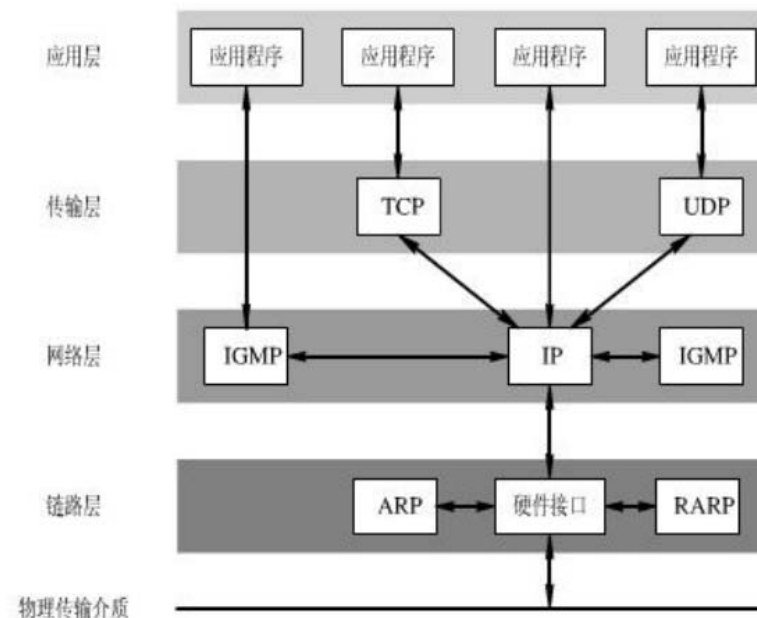


图 3-1 网际协议 IP 及其配套协议

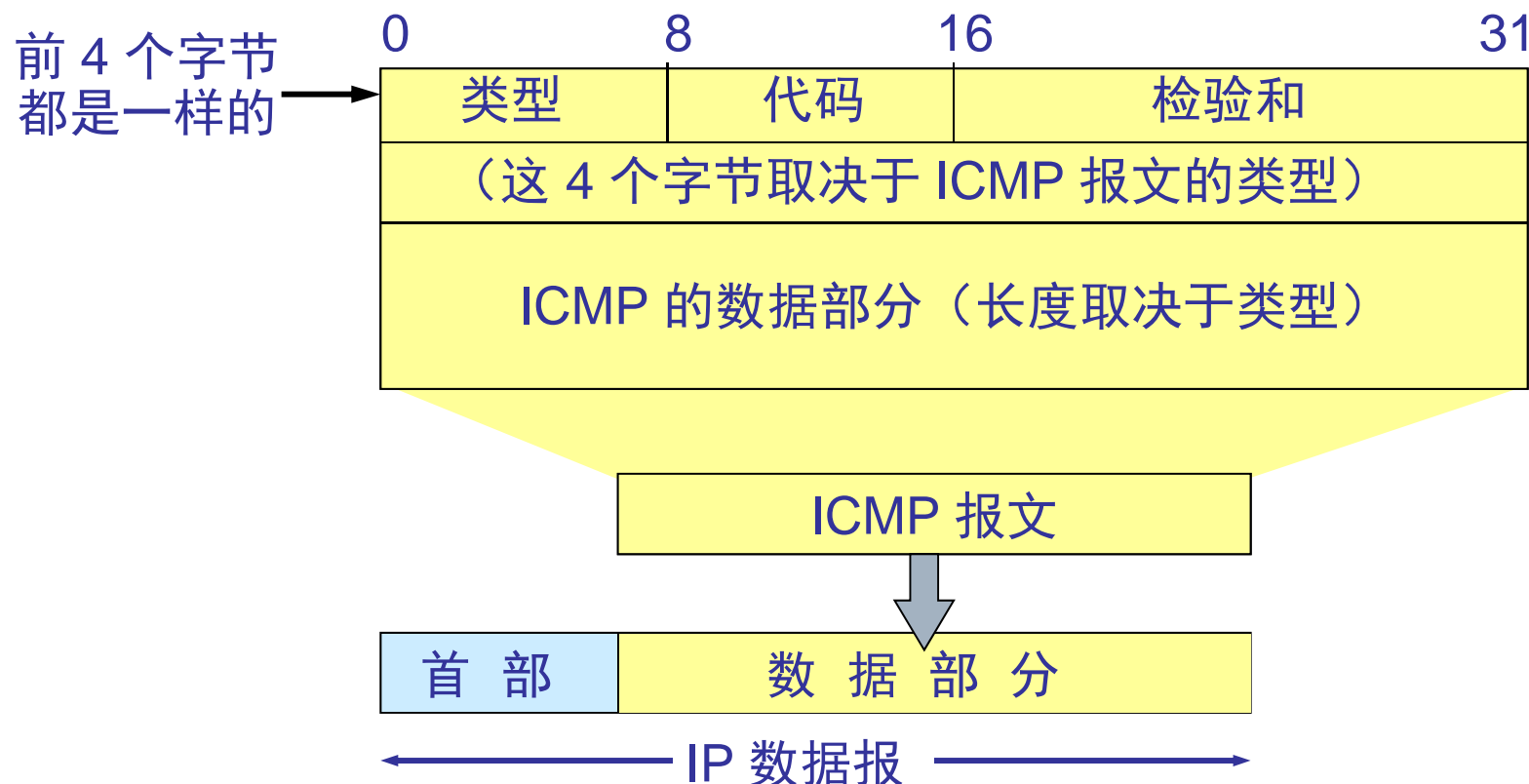


ICMP本身是一个网络协议，但是并不是直接传递给数据链路层，而是将ICMP消息封装在IP数据报中。



ICMP 报文的格式

ICMP 报文的前 4 个字节是统一的格式，共有三个字段：即类型、代码和检验和。接着的 4 个字节的内容与 ICMP 的类型有关。





ICMP 报文类型

0	8	16	31
类型	代码	检验和	
(这 4 个字节取决于 ICMP 报文的类型)			
ICMP 的数据部分 (长度取决于类型)			

ICMP 报文的种类有两种，即 ICMP 差错报告报文和 ICMP 询问报文。

- 差错报告报文报告了路由器或者主机在处理IP数据包时可能遇到的问题
- 查询报文总是成双成对的出现，他帮助主机或者网络管理员从某个路由器或者对方主机那里获取特定的信息。

差错报告报文的类型有：

- 类型3：目的站不可达
- 类型4：源站抑制
- 类型11：时间超过
- 类型12：参数问题
- 类型5：改变路由

查询报文的类型有：

- 类型8或0：回送请求或回答
- 类型13或14：时间戳请求或回答
- 类型17或18：地址掩码请求或回答



ICMP 差错报告报文



报告IP数据报在传输中的差错是ICMP报文最基本的功能，ICMP差错报文有如下特点：

(1) ICMP差错报文都是由路由器发送到源主机的，因为IP数据报中含有源主机的IP地址，报告给源主机是最可行的方案，另外，发出IP数据报的源主机最需要知道数据是否到达目标主机。

(2) ICMP差错报文只提供IP数据报在传输过程中的差错报告，并不规定对各类差错应采取什么样的处理措施。具体对差错的处理，由收到ICMP差错报文的源主机将相应的差错与应用程序联系起来才能进行相应的差错处理。



ICMP 差错报告报文

(3) ICMP差错报文不享受任何优先权，也没有特别的可靠性保证措施，与普通的IP数据报一样进行传输，传输过程中可能被丢弃、损坏，甚至被抛弃。

(4) ICMP差错报文是伴随着抛弃出错的IP数据报而产生的。

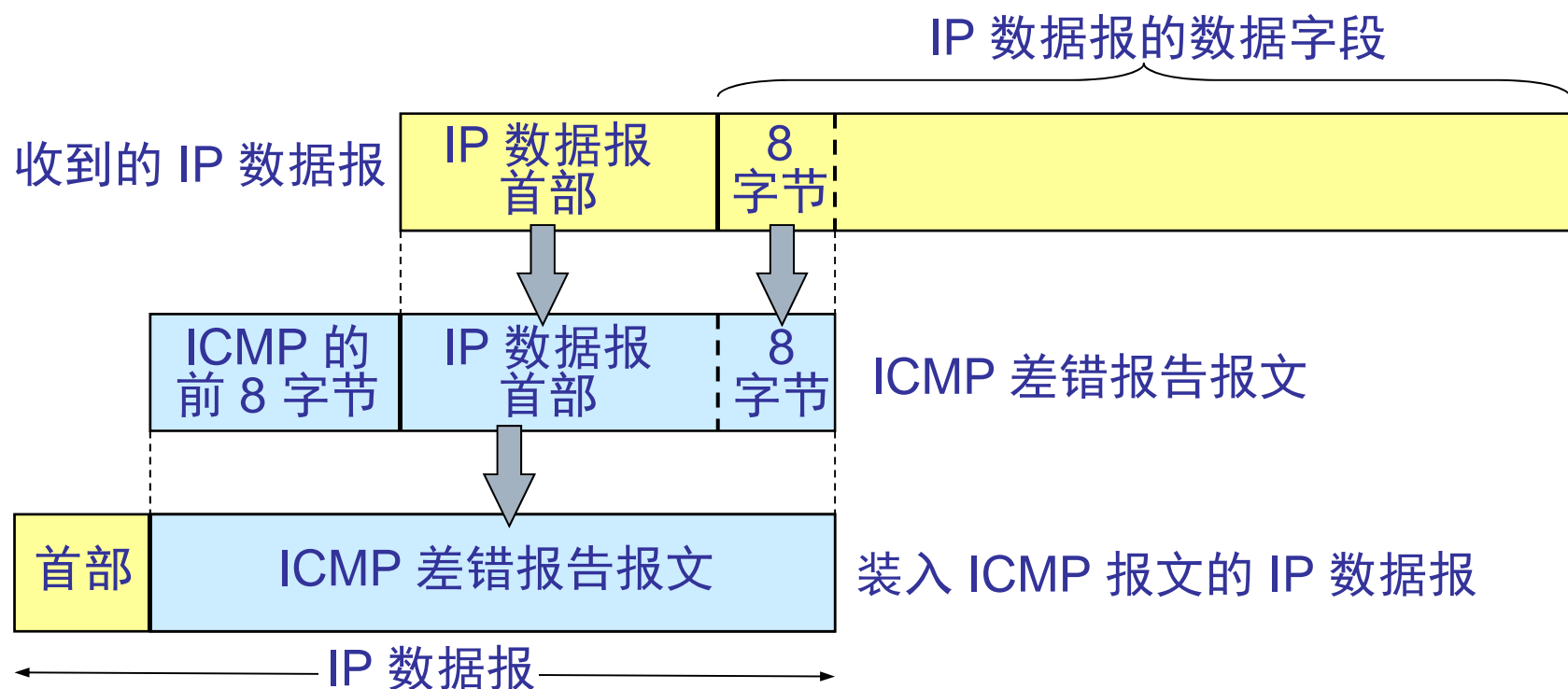
(5) 当路由器发送一份参数错误等的ICMP差错报文时，ICMP报文数据区始终包含产生ICMP差错报文的IP数据报的头部和其数据区的前8个字节。

(6) 在有些情况下，为了防止网络中产生大量的ICMP差错报文，影响网络的正常工作，即使发生差错，也不会差生ICMP差错报文，这些情况包括：

ICMP报文发生错误；目的地址是广播地址或多播地址；不是IP分片的第一片；源地址不是单个主机的数据报。



ICMP 差错报告报文格式





ICMP 差错报告报文-终点不可达

当路由器检测到数据报无法传递到目的地时，向创建数据报的源主机发出目的地不可达报文。这报文区分：网络不通（如路由器故障），目的主机连不通（没开机），协议不可达、端口不可达、以及共15种不同的情况，用不同代码表示。

类型: 3	代码: 0 ~ 15	检验和
未使用 (全0)		
收到的IP数据报的一部分, 包括IP首部 以及数据报数据的前8个字节		

图 9.6 终点不可达报文的格式



ICMP 差错报告报文-终点不可达

- 代码**0**. 网络不可达，可能是硬件故障。这种类型的报文只能由路由器产生。
- 代码**1**. 主机不可达，这也可能是硬件故障。这种类型的报文只能由路由器产生。
- 代码**2**. 协议不可达，**IP**数据报携带的数据可能属于高层协议的。若目的主机收到了一个数据报文，但是此时，这个高层协议并未运行，则发出代码**2**的报文。这类报文只能由目的主机产生。（主机收到了一个数据报，它要交给**TCP**协议，但是**TCP**协议并没有运行）
- 代码**3**. 端口不可达，数据要交付的那个应用程序（进程）此时未运行。
- 代码**4**. 需要进行分片，但该数据报的**DF**（不分片）字段已经被设置。（数据报的发送站已经指明该数据报不能分片，但是不进行分片又不可能进行路由选择）
- 代码**5**. 源站路由选择不能完成。换言之，在这个源站路由选择选项中定义的一个或多个路由器无法通过。



ICMP 差错报告报文-终点不可达

- 代码**6**. 目的网站不可知，路由器根本没有关于目的网络的信息。
- 代码**7**. 目的主机不可知，路由器根本不知道网络主机的存在。
- 代码**8**. 源主机是孤立的。
- 代码**9**. 与目的网络的通信从管理上是禁止的。
- 代码**10**. 与目的主机的通信从管理上是禁止的。
- 代码**11**. 对指明的服务类型，网络不可达。如果源站被请求一个可用的服务类型，路由器可以为数据报找到另一条路由。
- 代码**12**. 对指明的服务器类型，主机不可达。如果源站被请求一个可用的服务类型，路由器可以为数据报找到另一条路由。
- 代码**13**. 主机不可达，因为管理机构放置了一个过滤器在它上面。
- 代码**14**. 主机不可达，因为主机的优先级被破坏了。这个报文由路由器发出，指出锁清秋的优先级对该目的站是不允许的。
- 代码**15**. 主机不可达，因为它的优先级被删掉了。（当网络操作员已经采用了运行该网络的最小优先级时就产生这个报文，但是这个数据报以比这个优先级更低的优先级发送出去）



ICMP 差错报告报文-源点抑制

目的：**IP**协议是无连接协议。在产生数据报的源主机和转发数据报的路由器以及处理数据报的目的主机之间没有任何通信联系。因而缺乏流量控制和拥塞控制。

工作流程：

（1）当路由器收到太多的数据报以致内存不够时，在丢弃所收数据报的同时，向创建数据报的源主机发送源抑制报文，其报文格式如下图所示。（1）源主机收到源抑制报文后，需要降低发送数据报的速率。

类型: 4	代码: 0	检验和
未使用 (全0)		
收到的IP数据报的一部分, 包括IP首部 以及数据报数据的前8个字节		



ICMP 差错报告报文-源点抑制

下面几点要注意：

- 经受拥塞的路由器或者目的主机必须为每一个丢弃的数据报向源主机发送源站抑制报文。
- 没有一种机制可以告诉源站，拥塞程度已经减轻，因为可以按照原来的速率发送数据报。源站应继续降低发送速率，直到不再收到更多的源站抑制报文为止。
- 在一对一的通信中，每个主机可以很快地产生数据报，使得路由器和主机难于跟得上处理。这种情况下，源站抑制报文就有用处了，这些报文告诉源站要放慢发送速率。
- 而在多对一的通信中，许多个源站产生的数据报都必须由路由器或目的主机来处理。在这种情况下，有的会以低速率发送，而有的则以高速率发送，这就导致了源站抑制报文在发送后，路由器或主机并不知道哪一个源站应对拥塞负责。它可能丢弃从不非常低速率的源站发来的数据报，而没有丢弃真正产生拥塞的源站所发来的数据报。



ICMP 差错报告报文-超时

有两种情况需要发送超时报文：

- 路由器把数据报的生存时间减至零时，路由器丢弃数据报，并向源主机发送超时报文；
- 在规定的时间内没有收到所有的分片时，它就丢弃所有的分片

类型: 11	代码: 0或1	检验和
未使用 (全0)		
收到的IP数据报的一部分, 包括IP首部 以及数据报数据的前8个字节		

代码0：当数据报的生存时间字段的值为零被路由器丢弃

代码1：在固定的时间内分片未能到达而导致分片被丢弃



ICMP 差错报告报文-参数问题

产生原因：数据报头部的标志出现差错或二义性，或缺少必须的选项，就会丢弃这个数据报，并向源点返回一个参数问题报文。

类型: 12	代码: 0或1	检验和
指针	未使用 (全0)	
收到的IP数据报的一部分, 包括IP首部 以及数据报数据的前8个字节		

图 9.9 参数问题报文的格式

代码0：在首部的一个字段中有差错或二义性。在这种情况下，指针字段的值指向有问题的机子。

代码1：表示缺少所需的选项部分。在这种情况下，不使用指针



ICMP 差错报告报文-改变路由

当一个源主机创建的数据报发至某路由器，该路由器发现数据报应该选择其他路由，则向源主机发送改变路由报文。改变路由的报文能指出网络或特定主机的变化，一般发生在一个网络连接多路由器的情况下。

原因：在因特网中各路由器之间要经常交换路由信息，以便动态更新各自的路由表。但在因特网中主机的数量远大于路由器的数量。主机如果也像路由器那样经常交换路由信息，就会产生很大的附加通信量，因而大大浪费了网络资源。所以，出于效率的考虑，连接在网络上的主机的路由表一般都采用人工配置，并且主机不和连接在网络上的路由器定期交换路由信息。



ICMP 差错报告报文-改变路由

工作原理:

- 1) 在主机刚开始工作时，一般都在路由表中设置了一个默认路由器的**IP**地址。不管数据报要发送到哪个外网目的地址，都一律先将数据报传送给网络上的这个默认路由器，而这个默认路由器知道到每一个目的网络的最佳路由。
- 2) 如果默认路由器发现主机发往某个目的地址的数据报的最佳路由不应当经过默认路由器，而是应当经过网络上的另一个路由器**R**时，就用改变路由报文将此情况报告主机。
- 3) 于是，该主机就在其路由表中增加一项：到某某目的地址应经过路由器**R**（而不是默认路由器）



ICMP 询问报文

- 回送请求和回答报文
- 时间戳请求和回答报文



ICMP 询问报文-回送请求和回答报文

- 回送请求和应答数据包用来测试从发送主机到接收主机的网络链路是否完好以及目标主机的 TCP/IP 协议是否工作正常。
- 回送请求与应答数据包的格式

0	8	16	24	31
类型 (8 或 0)		代码 (0)	校验和	
标识		序列号		
可选数据				

其中：

图 5.4 ICMP 反射请求与应答数据包格式

- 回送请求与应答数据包的代码字段都必须设为 0。
- 可选数据字段是一个变长的字段，发送方可以用任何数据填充该字段，当然，该字段的长度也可以为 0。
- 标识和序列号字段是发送方用来匹配请求数据包和应答数据包的。可由发送方任意使用，但标识符通常与发起请求的进程的ID是一致的



ICMP 询问报文-回送请求和回答报文

工作过程如下：

- 1) 发送方构造一个回送请求数据包，类型是8，代码为0，它可以设置任意长度的可选数据字段，其中可以随意填写数据。
- 2) 目标主机收到该数据包后将类型字段由 8 改为 0，再发送给请求数据包的发送方。
- 3) 一旦请求发送方接收到请求数据包的应答数据包，它能肯定两个问题：首先，从发送方到接收方的网络通路工作正常；第二，目标主机的 TCP/IP 协议工作正常。

作用：

- 1) 回送请求与应答报文可被网络管理员用来检查IP协议的工作情况
- 2) 用回送请求与应答报文可测试某个主机的可达性，通常用ping命令来实现



ICMP 询问报文-回送请求和回答报文

目的:

- 1) 用来确定IP数据包在这两个机器之间来回所需的往返时间
- 2) 也可用于同步两个机器的时钟

ICMP时间戳请求和应答报文格式如图所示

类型	代码 (0)	检验和
标识符		序列号
发起时间戳		
接收时间戳		
传送时间戳		



作业

1. 简述为什么要在网络层提供ICMP?
2. 简述ICMP差错报告报文的功能。