

教学课题：IP 协议详解

教学目的要求：1、掌握 IP 协议的工作原理。

2、掌握 IP 数据报头中关键字段的功能。

3、明确 IP 数据报分片与重组的原因及实现方法。

教学重点：1、IP 协议的功能。

2、IP 数据报报头的组成。

3、IP 数据报分片与重组。

教学难点：IP 数据报分片与重组涉及到的几个包头字段

课时：2 课时

教学过程：

IP 协议详述

层和协议的组合称为网络体系结构，所以网络体系结构中每层的关键是协议，计算机网络的等层之间通信协议实现通信。所以研究 TCP/IP 体系结构最主要的还是研究 TCP/IP 协议。TCP/IP 协议簇包括很多协议，我们这节课先分析最重要的两个协议。

IP 协议：网络互联层协议（工作在网络层）

一、任务：是通过互联网传输数据报，提供关于数据应如何传输，以及传输到何处的信息。各个数据报是相互独立的。

二、IP 数据报的组成：报头（控制部分）和数据部分

报头重要信息有：版本、标识符、标志、段偏移量、生存期、协议、头部校验和、源地址和目的地址。

(1) 版本号：即 IP 地址是使用 IPV4 还是 IPV6，长度 4 个比特。

(2) 生存期 (TTL)：长度 8 比特。当 IP 包进行传送时，先会对该字段赋予某个特定的值。IP 数据包每经过一个沿途的路由器，路由器会将 IP 数据包的 TTL 值减少 1。如果 TTL 减少为 0，则该 IP 包会被丢弃。这个字段可以防止由于故障而导致 IP 包在网络中不停被转发。

(3) 协议：上层即传输层使用什么协议。

(4) 头部校验和：只校验头部，所以检错能力弱。IP 数据包每经过一个中央节点（路由器），都会计算一下头部校验和，如果和包头中的值一致，说明传输过程中没出错，则继续传下去，如果不一致，说明出错，丢弃，但并不要求重传。

(5) 源地址和目的地址：这里用的是 IP 地址，每个 IP 地址是 32 位，所以源地址和目的地址一共为 64 位，8 个字节。

三、IP 数据报的分片和重组：当某链路的最大传输单元低于数据包的大小时，数据包不能通过，这样就需要将大的 IP 数据报再分为小的 IP 数据报，这就是 IP 数据报的分片，每个分片的数据报在网络上独立进行路径选择，独立传输，只有到了最终的目的地（端）后，才进行分片数据报的重组。也就是说分片可能发生在源节点或者中间任意节点，但重组一定是在目的端。

四、IP 协议的功能：

(1) IP 协议主要承担了在网际进行数据报无连接的传送，借助中间的一个或多个 IP 网关，实现从源网络到目的网络的寻址。

(2) 在互联网中，IP 网关是一个十分重要的网际部件，其主要功能为“存储—寻址—转发”

(3) IP 数据报从源网络到目的网络中间经过的路径（网关）并不固定，每经过一个中间网关都存在“存储—寻址—转发”的问题，源网关和目的网

关之间不存在一个固定的连接通道，所以数据报提供的总是“无连接”的服务。

(4)按照 TCP/IP 的设计思想，认为数据传输的可靠性应由传输层的 TCP 来解决，处于 IP 层的各网关不处理可靠性问题，网络层的主要任务是尽快把 IP 数据报从源网络传到目的网络，IP 数据报在传递过程中可能出错、重复或丢失。

五、IP 数据报的分片和重组详解：

(一) 分片与重组的原因及如何分？分片与重组发生在何时。

当某链路的最大传输单元 MTU 低于 IP 数据包的大小，大数据包不能通过，则需要分割。(MTU：即最大传输单元，是指一种通信协议的某一层上所能通过的最大的数据包大小。)某数据包太大，则需要分割。

IP 数据报的分片可能发生在源主机，也可能发生在中间有路由器上，但分片的重组一定发生在目的主机上。

IP 数据报的分片，只分 IP 负载部分，然后将原来 IP 数据报的包头加在新分好的片上，形成新的数据包，当然包头相应字段如（偏移量字段和标志位字段等）需要做相应的修改。

(二) 分组的分片与重组涉及到的几个包头字段。

(1)标志(flag) 占 3 位，但目前只有 2 位有意义。

● 标志字段中的最低位记为 MF (More Fragment)。MF=1 即表示后面“还有分片”的数据报。MF=0 表示这已是若干数据报片中的最后一个。

● 标志字段中间的一位记为 DF (Don' t Fragment)，意思是“不能分片”。只有当 DF=0 时才允许分片。

(2)片偏移 占 13 位。片偏移指出：较长的分组在分片后，某片在原分

组中的相对位置。也就是说，相对用户数据字段的起点，该片从何处开始。片偏移以 8 个字节为偏移单位。这就是说，除了最后一个分片，每个分片的长度一定是 8 字节（64 位）的整数倍。还有第一个分片的片偏移一定为 0，后面分片的片偏移一定不为 0。

(3) 标识 (identification) 占 16 位。IP 软件在存储器中维持一个计数器，每产生一个数据报，计数器就加 1，并将此值赋给标识字段。分片时，将原分组标识字段的值复制到所有分片的标识字段中。在重组时，凡是标识字段值相同的说明都曾是一个分组，需要重新装在一起。

(三) 分片如何重组：

一定是在目的主机上重组，为了将几个已经分片的数据报重新组装，目的主机需要使用 IP 数据报头中的以下三个字段：

标识符字段：标识符字段一样说明这几个片需要组装为一个数据报。

偏移量字段：这几个片的先后顺序。

标志位：确定是不是最后一片。

首先把标识符字段值一样的都找出来，然后偏移量字段为 0，且标志位最后一位（即 MF）为 1 的是第一片；然后根据偏移量字段的值确定片的次序；标志位最后一位 MF 为 0 的片，即是最后一片。

六、习题解析

1. 1 个 3000B 的 IP 数据包（20B 的 IP 数据包头加上 2980B 的 IP 负载）到达一台路由器，且必须转发到承载能力只有 1500B 的链路上，需将该 IP 数据报分片，假定原数据包中的标识号为 555，则以下哪个数据包是不可能存在的。

（说明：标识符占 16 位、标志位占有 3 位，偏移量占 13 位）

- A). IP 负载为 1480B, 标识号为 555, 偏移字段值为 0, 标志位值为 1
- B). IP 负载为 40B, 标识号为 555, 偏移字段值为 370 (本段数据开始于 2960 字节 $2960=370*8$), 标志位值为 0
- C). IP 负载为 20B, 标识号为 555, 偏移字段值为 370 (本段数据开始于 2960 字节 $2960=370*8$), 标志位值为 0
- D). IP 负载为 1480B, 标识号为 555, 偏移字段值为 185 (本段数据开始于 1480 字节 $1480=185*8$), 标志位值为 1

标准答案:B

解析:

- 1) A 绝对没问题, 开始的第一片, 偏移字段值为 0, 标志位值为 1 (这是第一片, 后面还有片)
 - 2) 第二片的 IP 负载应该还是 1480B, 标志位还是 1, 只能是 D 选项, 再看 D 选项的偏移字段值为 185, 本段的 IP 负载数据从 1480 字节开始, 其偏移字段值= $1480/8=185$, 正好与选项完全相符。
 - 3) 最后一片的 IP 负载还有 20 个字节, 最后一片的标志位应该是 0, IP 负载数据从 $1480+1480=2960$ 字节开始, 其偏移字段值= $2960/8=370$, 都完全与 C 选项相符。
 - 4) 所以不可能的数据包是 B 选项。
2. 1 个 3000B 的 IP 数据包 (20B 的 IP 数据包头加上 2980B 的 IP 负载) 到达一台路由器, 且必须转发到承载能力只有 1500B 的链路上, 问需要将该 IP 数据报分成几个独立的数据包
- A). 3 B). 不用分 C). 4 D). 2

标准答案:a

解析: 本题的原始数据包为 3000B, 超过了其最大传输能力(最大传输 1500B), 故应分片, 因分片时原包头不能分, 也就是说只分原数据包的数据部分 2980B, 第一片 1480B+20B 的原包头, 第二片 1480B+20B 的原包头, 第三片 20B+20B 的原包头, 故需分成 3 个独立的数据包。(这里还要考虑第二片的 IP 负载从 1480 字节开始, 能否正好被 8 整除, 能整除, 那么可以从这里开始, 不如不能整除, 则不能从这里开始, 第三片也要考虑这个问题)。

3. 下列哪些分段可能是数据长度为 336 字节的 IP 数据报的分段()。

- (1) 数据长度=320, 偏移=0, M 标志=1
- (2) 数据长度=320, 偏移=0, M 标志=0
- (3) 数据长度=16, 偏移=320, M 标志=0
- (4) 数据长度=16, 偏移=40, M 标志=0

A). (2) (4) B). (2) (3) C). (1) (3) D). (1) (4)

标准答案:d

解析: 首先, 依题意, 可知该分组共分成了两个片。第一个片的 MF 标志位(也有时叫 M 标志位)必须为 1, 表示后面还有片, 且偏移=0, 表示此为第一个片。故第一个片只能选(1); 第二个片 M 标志必须为 0, 表示此为最后一个片, 且偏移不为 0, 还需要考虑第二片的偏移字段的值, 因为第二片的 IP 负载从 320 字节处开始, 其偏移字段值=320/8=40, 故选第(4)个。

进一步分析, 为什么第二片的偏移为 40: 既然第一片的偏移为 0, 长度为 320 个字节, 所以第二片的 IP 负载就从第 320 个字节处开始, 而偏移的表示不是以字节为单位, 而是 8 个字节为一个偏移单位。320/8=40, 也就是说

第二个片的偏移=40

4. 在因特网中，IP 数据报从源节点到目的节点可能要经过多个网络和路由器。在整个传输过程中，IP 数据报报头的()

- A). 源地址和目的地址都不会发生变化
- B). 源地址有可能发生变化而目的地址不会发生变化
- C). 源地址不会发生变化而目的地址有可能发生变化
- D). 源地址和目的地址都有可能发生变化

解析:源地址和目的地址都不会发生变化。

5. 关于 IP 协议，以下哪种说法是错误的()。

- A). IP 协议是一种互联网协议
- B). IP 协议定义了 IP 数据报的具体格式
- C). IP 协议要求下层必须使用相同的物理网络
- D). IP 协议为传输层提供服务

IP 协议定义了 IP 数据报的具体格式，是一种互联网协议，IP 协议为传输层提供服务，这些都是正确的，没有问题。

“IP 协议要求下层必须使用相同的物理网络”没道理，IP 协议实现的是网络层的功能。由网络体系结构层的相对独立性可知，下层如何实现不影响上层功能，更何况网络层的下层是数据链路层，物理层是下下层。所以此说法没道理。

6. IP 服务的 3 个主要特点是()。

- A). 可靠、面向无连接和全双工
- B). 可靠、面向连接和尽最大努力投递
- C). 不可靠、面向无连接和尽最大努力投递
- D). 不可靠、面向连接和全双工

解析:IP 服务首先是面向无连接的，所以是不可靠的，但也是尽最大努力的

投递。

7. 某路由器收到了一个 IP 数据报, 在对其首部进行校验后发现该数据报存在错误, 路由器最有可能采取的动作是()。

- A). 抛弃该 IP 数据报
- B). 纠正该 IP 数据报的错误
- C). 通知目的主机数据报出错
- D). 将该 IP 数据报返给源主机

解析: 某路由器收到了一个 IP 数据报, 在对其首部进行校验后发现该数据报存在错误, 路由器会抛弃该 IP 数据报, 但会发出一个 ICMP 错误报文

8. 为了将几个已经分片的数据报重新组装, 目的主机需要使用 IP 数据报头中的 () 字段

- A). 标识符字段
- B). 首部长度的字段
- C). 版本字段
- D). 服务类型 TOS 字段

解析: 为了将几个已经分片的数据报重新组装, 目的主机需要使用 IP 数据报头中的以下三个字段:

标识符字段: 标识符字段一样说明这几个片需要组装为一个数据报。

偏移量字段: 这几个片的先后顺序。

标志位: 确定是不是最后一片。

9. 在 IP 数据报分段重组时, 以下哪一个 IP 分组格式信息是不需要的()。

- A). 标志位
- B). 标识符
- C). 分段偏移
- D). 生命周期 TTL

解析: 与分片重组有关的几个字段是标志位、标识符和分段偏移。

10. IP 数据报重组是分段的逆过程, 把若干个 IP 分段重新组合后还原成原来的 IP 报文, 在目的端收到一个 IP 报文时, 可以根据其分段偏移和 MF 标志位来判断它是否一个分段。如果 MF 位是 0, 并且分段偏移为 0, 则表明这是一个()。

- A). TCP 报文
- B). 数据报分段
- C). 完整的 IP 数据报
- D). UDP 报文

解析：如果 MF 位是 0，表示后面没有分片了，也就是最后一片，另外分段偏移为 0，说明这是第一片，既是第一片，又是最后一片，所以是一个完整的 IP 数据报。

11. 分片重组的概念是在 () 层用到的。

- A). 网络层 B). 传输层 C). 物理层 D). 数据链路层

解析：当然是在网络层用到的，因为是 IP 协议实现的功能，IP 协议工作在网络层。

12. 关于 IP 数据报分片重组的叙述不正确的是 ()

- A). IP 数据报的分片一定在源主机 B). IP 数据报的分片可能在源主机
C). IP 数据报的分片不一定是在源主机 D). IP 数据报的重组一定在目的主机

13. 在 IP 报文头部的字段中，以下 () 内容和 IP 报文分片无关。

- A). 标识字段 B). 目的 IP 地址
C). 标志字段 (MF、DF 字段) D). 片偏移

14. 在 TCP/IP 网络中，转发路由器对 IP 数据报进行分片的目的是 ()。

- A). 降低网络拥塞的可能性 B). 提高路由器的转发效率
C). 保证数据报不超过物理网络能传输的最大报文长度 D). 使得目的主机对数据报的处理更简单高效

标准答案:c

解析:MTU：即最大传输单元，是指一种通信协议的某一层上所能通过的最大数据包大小。某数据包太大，则需要分割。

15. 对 IP 数据报分片的重组通常发生在 ()

- A). 目的主机或路由器 B). 目的主机
C). IP 数据报经过的路由器 D). 源主机

解析:对 IP 数据报分片的重组通常发生在目的主机,不会是中间路由器

16. 分片的好处不包括()。

- A). 有效数据在 PDU 中所占比例更大
- B). 提高错误控制效率
- C). 减少延迟时间
- D). 使多个应用更公平地使用共享通信介质

解析:分片后,有效数据在 PDU 中所占的比例变小,而不是变大,故该选项错误,其它选项都是分片后的好处。