



哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY

立足航天，服务国防，面向国民经济主战场



# 计算机网络之探赜索隐

主讲人：李全龙

# 本讲主题

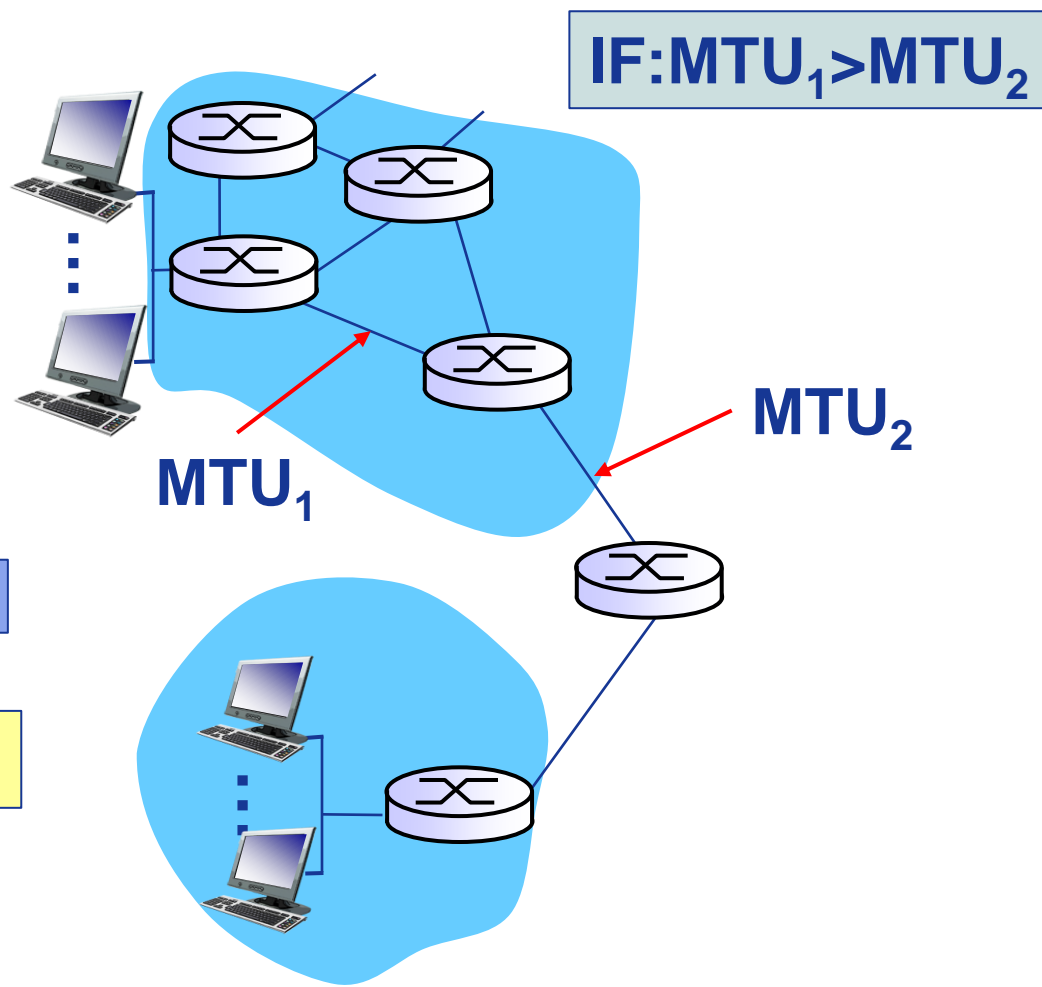
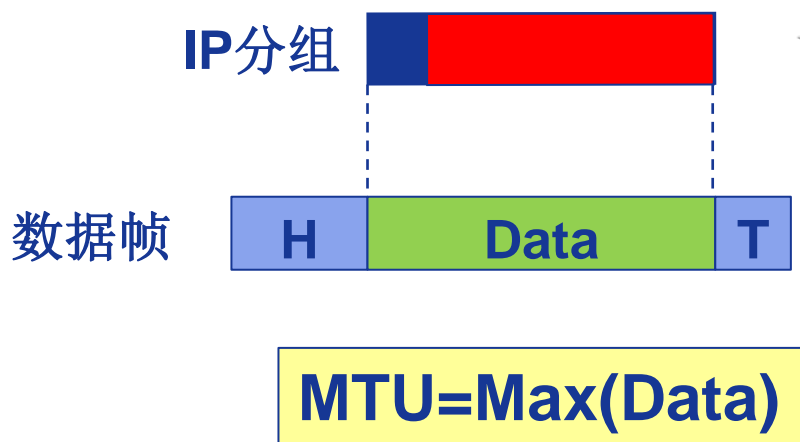
## IP协议（2）-IP分片



# 最大传输单元(MTU)

❖ 网络链路存在MTU (最大传输单元)—链路层数据帧可封装数据的上限

- 不同链路的MTU不同



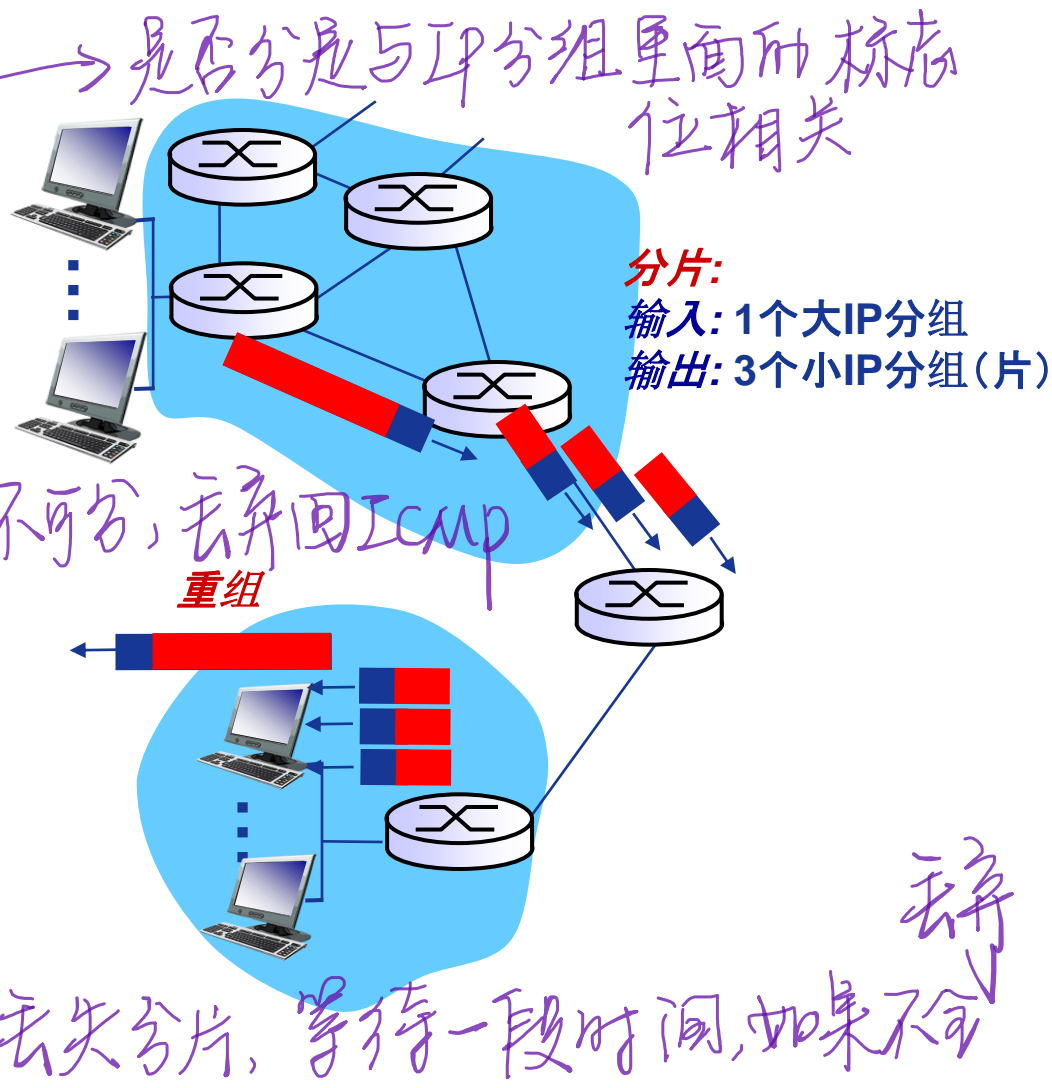
# IP分片与重组

❖ 大IP分组向较小MTU链路转发时，可以被“分片” (fragmented)

- 1个IP分组分为多片IP分组
- IP分片到达目的主机后进行“重组” (reassembled)

❖ IP首部的相关字段用于标识分片以及确定分片的相对顺序

- 总长度、标识、标志位和片偏移



# IP分组格式

位	0	4	8	16	19	24	31
版本号		首部长度		服务类型(TOS)		总长度	
标识(ID)				标志位	片偏移		
生存时间(TTL)		协议		首部检验和			
源IP地址							
目的IP地址							
选项字段（长度可变）						填充	
数据							

- ❖ 标识字段占16位：标识一个IP分组（同时有源、目的IP地址）
  - IP协议利用一个计数器，每产生IP分组计数器加1，作为该IP分组的标识



# IP分组格式

位	0	4	8	16	19	24	31
版本号		首部长度		服务类型(TOS)		总长度	
标识(ID)				标志位		片偏移	
生存时间(TTL)		协议		首部检验和			
源IP地址							
目的IP地址							
选项字段（长度可变）						填充	
数据							

## ❖ 标志位字段占3位:

- **DF** (Don't Fragment)
- **MF** (More Fragment)

保留	DF	MF
----	----	----

- **DF =1**: 禁止分片;  
**DF =0**: 允许分片
- **MF =1**: 非最后一片;  
**MF =0**: 最后一片(或未分片)



# IP分组格式

位	0	4	8	16	19	24	31
	版本号	首部长度	服务类型(TOS)	总长度			
	标识(ID)			标志位	片偏移		
	生存时间(TTL)		协议	首部检验和			
	源IP地址						
	目的IP地址						
=	选项字段（长度可变）					填充	
	数据						

❖ 片偏移字段占13位：一个IP分组分片封装原IP分组数据的相对偏移量

- 片偏移字段以8字节为单位

未分片, 片偏移量为0

除最后一片, 分片的字节数为8B倍数



# IP分片过程

- ❖ 假设原IP分组总长度为 $L$ ，待转发链路的MTU为 $M$
- ❖ 若 $L > M$ ，且 $DF=0$ ，则可以/需要分片
- ❖ 分片时每个分片的标识复制原IP分组的标识
- ❖ 通常分片时，除最后一个分片，其他分片均分为MTU允许的最大分片
- ❖ 一个最大分片可封装的数据应该是8的倍数，因此，一个最大分片可封装的数据为：

$$d = \left\lfloor \frac{M - 20}{8} \right\rfloor \times 8$$

- ❖ 需要的总片数为：

$$n = \left\lceil \frac{L - 20}{d} \right\rceil$$





# IP分片过程

❖ 每片的片偏移字段取值为：

$$F_i = \frac{d}{8} \times (i - 1), \quad 1 \leq i \leq n$$

❖ 每片的总长度字段为：

$$L_i = \begin{cases} d + 20 & 1 \leq i < n \\ L - (n - 1)d & i = n \end{cases}$$

❖ 每片的MF标志位为：

$$MF_i = \begin{cases} 1 & 1 \leq i < n \\ 0 & i = n \end{cases}$$



# IP分片过程

例如:

- ❖ 4000B数据报
- ❖ 输出链路MTU = 1500B
- ❖ DF=0

	length =4000	ID =x	fragflag =0	offset =0	
--	-----------------	----------	----------------	--------------	--

1500B  
结果相同

1个大数据报分片为3个大数据报 (片)

封装1480B数据

	length =1500	ID =x	MF=1	offset =0	
--	-----------------	----------	------	--------------	--

片偏移 =  $1480/8$

	length =1500	ID =x	MF=1	offset =185	
--	-----------------	----------	------	----------------	--

	length =1040	ID =x	MF=0	offset =370	
--	-----------------	----------	------	----------------	--



哈爾濱工業大學  
HARBIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY



立足航天，服务国防，面向国民经济主战场

谢谢！