

## Tema 9-ICMP

El MTU (Maximum Transmission Unit) es el tamaño máximo de datos que un protocolo de nivel de enlace de la red puede transmitir en una sola trama o paquete. Los diferentes protocolos de nivel de enlace tienen diferentes MTUs, y para la Ethernet, el MTU es de 1500 bytes, mientras que para el Token Ring es de 4440 bytes.

Cuando un datagrama IP se recibe en un nodo de red, el nivel de red (IP) verifica el MTU de la interfaz de red de destino para determinar si el datagrama es demasiado grande para ser transmitido sin fragmentación. Si la longitud del datagrama es mayor que el MTU, el nivel de red fragmenta el datagrama en varios fragmentos más pequeños que pueden ser transmitidos por el nivel de enlace de la red.

Cada fragmento del datagrama contiene una parte de los datos originales, así como información de encabezado adicional que indica la posición del fragmento en relación con los demás fragmentos. Cuando los fragmentos llegan al destino final, el nivel de red (IP) se encarga de reensamblarlos en el datagrama original, utilizando la información de encabezado almacenada en la cabecera IP, que contiene:

- **Identificación:** es un valor único para cada datagrama IP transmitido, que se utiliza para identificar los diferentes fragmentos de un datagrama. Todos los fragmentos de un mismo datagrama tienen el mismo valor de identificación.
- **Flags:** tres bits que contienen información sobre la fragmentación del datagrama. El primer bit está reservado y siempre se pone a cero. El segundo bit (DF) se pone a 1 si se prohíbe fragmentar el datagrama. El tercer bit (MF) se pone a 1 si hay más fragmentos a continuación (solo en UDP) y se pone a 0 en el último fragmento.
- **Offset de fragmento:** campo de 13 bits que indica el desplazamiento en múltiplos de 8 bytes del fragmento desde el origen del datagrama original. Este campo se utiliza para identificar la posición de cada fragmento dentro del datagrama original.
- **Longitud total:** es un campo de 16 bits que indica la longitud total del datagrama, incluyendo la cabecera y los datos. En caso de fragmentación, se cambia la longitud total del datagrama por la longitud total del fragmento.
- **Tamaño de fragmento:** indica el tamaño de cada fragmento. El tamaño de cada fragmento debe ser múltiplo de 8 bytes, excepto el último fragmento. Este campo se utiliza para controlar el tamaño de los fragmentos y asegurarse de que se puedan reensamblar correctamente.

## Error ICMP

El Error ICMP Unreachable Error (Fragmentation Required) es un mensaje de error que se utiliza cuando un router recibe un datagrama IP que necesita ser fragmentado para ser transmitido por la red de destino, pero el flag DF (Don't Fragment) está activado. El router no puede fragmentar el datagrama y, por lo tanto, envía este mensaje de error al origen para notificarle del problema.

El mensaje de error incluye el MTU (Maximum Transmission Unit) de la red que provocó el error y una copia de la cabecera del mensaje descartado. Esto permite al origen ajustar el tamaño de los datagramas que envía para asegurarse de que no excedan el MTU de la red. De esta manera, se evita la necesidad de fragmentar los datagramas en el futuro, lo que puede reducir el rendimiento de la red y aumentar la carga de trabajo en los routers.

0	8	16	31
Tipo (3)	Código (4)	Checksum	
Sin usar (ceros)		MTU de la red del siguiente salto	
Cabecera IP (con opciones) + Primeros 8 bytes del datagrama IP			

## Path MTU Discovery

El Path MTU discovery es un mecanismo utilizado en IPv4 e IPv6 que permite que los hosts y routers descubran el MTU mínimo en cualquier red en el camino entre dos hosts. El objetivo del Path MTU discovery es evitar la fragmentación IP y reducir la congestión de la red.

El funcionamiento del Path MTU discovery comienza cuando el host origen habilita el bit DF (Don't Fragment) en los datagramas que envía. Si algún router en el camino necesita fragmentar el datagrama debido a que su MTU es menor que el tamaño del datagrama, el router generará un mensaje ICMP Unreachable Error (Fragmentation Required) y lo enviará al host origen.

Este mensaje de error incluirá el MTU de la red que provocó el error y una copia de la cabecera del mensaje descartado. Si el host origen recibe un mensaje ICMP Fragmentation Required con el nuevo MTU, TCP (en caso de que sean datos TCP) deberá reducir el tamaño del segmento en base al nuevo MTU y retransmitir. En caso contrario (por ejemplo, si se están utilizando datagramas UDP), IP fragmentará los datagramas en base al nuevo MTU.

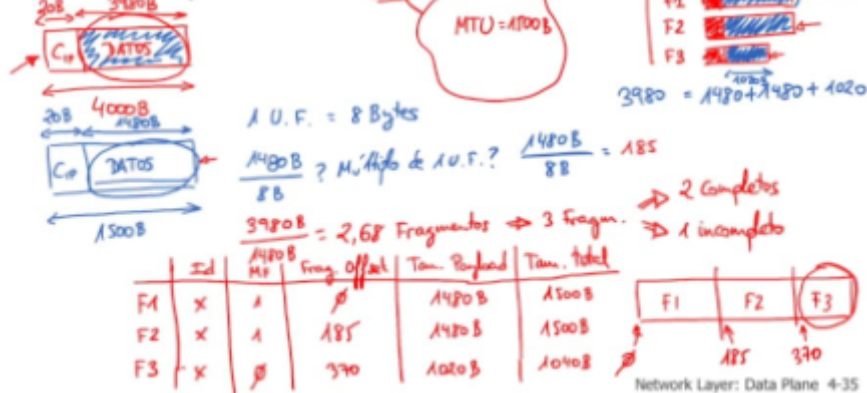
Dado que las rutas cambian dinámicamente, se puede probar un MTU mayor pasado un cierto intervalo de tiempo. El RFC 1191 recomienda un intervalo de tiempo de 10 minutos para probar un MTU mayor.

## Ejemplo

# IP fragmentation, reassembly

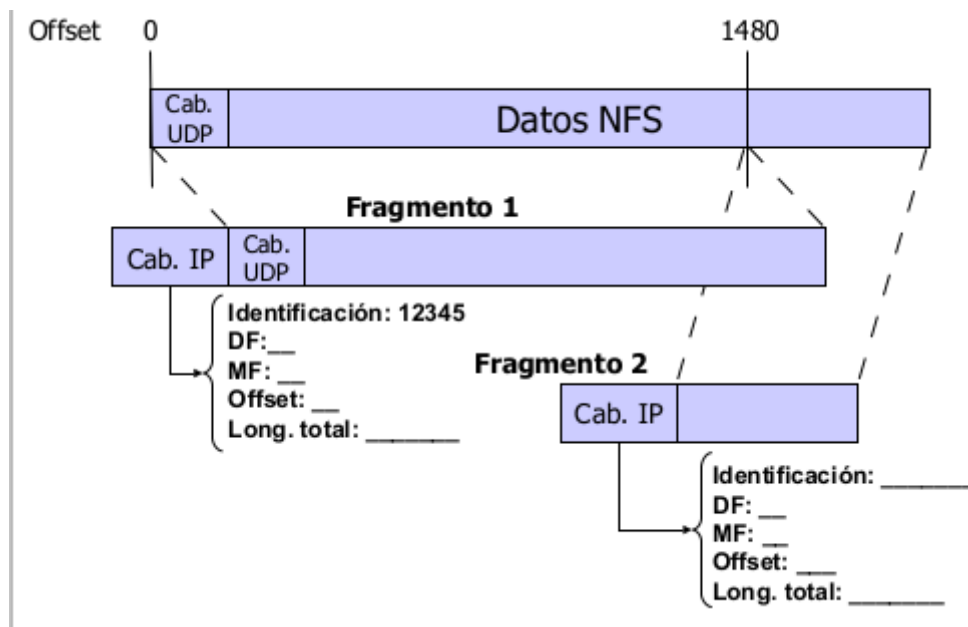
example:

- 4000 byte datagram
- MTU = 1500 bytes



## Ejercicio 1

Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos NFS (utilizando el protocolo UDP).  
MTU Ethernet=1500 B



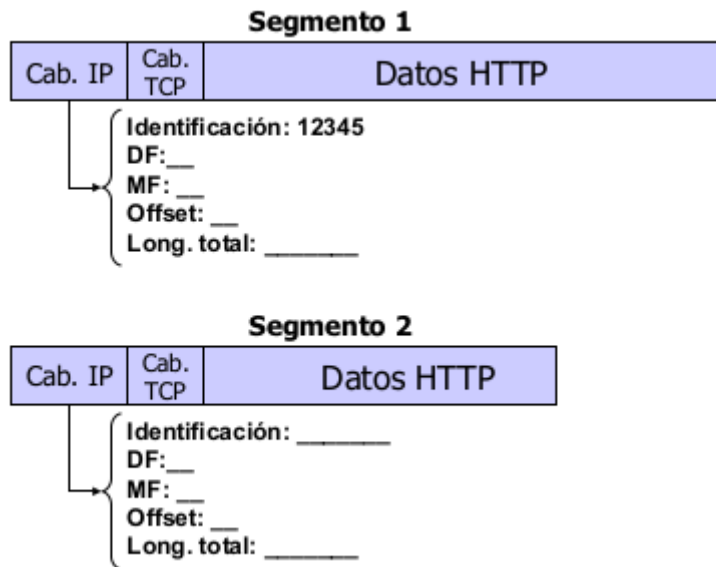
### Fragmento 1:

- ID: 12345
- DF: 0
- MF: 1
- Offset: 0
- Longitud: 1480+20=1500

- **Fragmento 2:**
  - ID: 12345
  - DF: 0
  - MF: 0
  - Offset:  $1480/8=185$
  - Longitud:  $2008-1480+20=548$

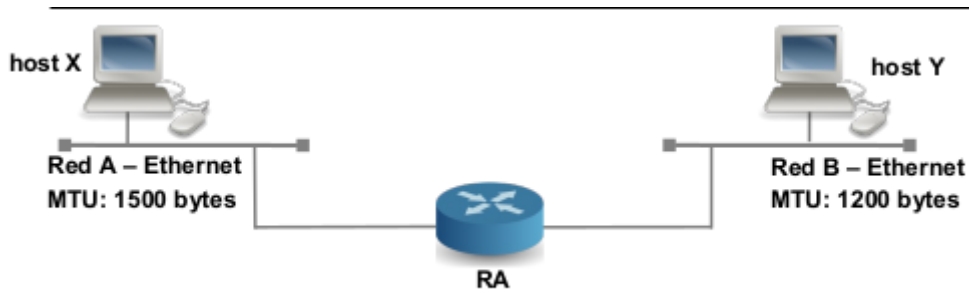
## Ejercicio 2

Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos HTTP (utilizando el protocolo TCP).  
MTU Ethernet=1500 B



- **Fragmento 1:**
  - ID: 12345
  - DF: 0
  - MF: 0
  - Offset: 0
  - Longitud:  $1460+20+20=1500$
- **Fragmento 2:**
  - ID: 12345
  - DF: 0
  - MF: 0
  - Offset: 0
  - Longitud:  $2000-1460+20+20=580$

## Ejercicio 3



- Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos NFS (utilizando el protocolo UDP).
- Por la red A, ¿circulan los mismos paquetes que en el ejercicio 1?
- ¿Cuál es el tamaño de fragmento en la red B: 1180 o 1176 bytes?

• Calcula los paquetes que circulan por la red B.

1. Si, el MTU es el mismo y se envía la misma cantidad de bytes.
2.  $1200 - 20 = 1180$ ;  $1180 \% 8 \neq 0$ ; como el tamaño de la cabecera tiene que ser  $\geq 20$  y el siguiente múltiplo de 8 inferior a 1180 es 1176, el tamaño de fragmento es 1176.

- **Fragmento 1:**

- **Fragmento 1.1:**

- ID: 12345
    - DF: 0
    - MF: 1
    - Offset: 0
    - Longitud:  $1176 + 20 = 1196$

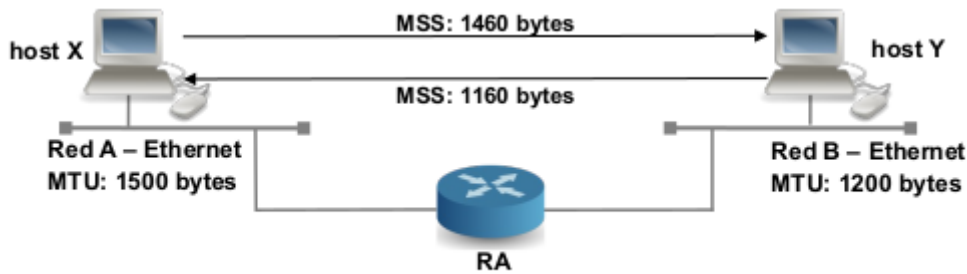
- **Fragmento 1.2:**

- ID: 12345
    - DF: 0
    - MF: 1
    - Offset:  $1176 / 8 = 147$
    - Longitud:  $1480 - 1176 + 20 = 324$

- **Fragmento 2:**

- ID: 12345
    - DF: 0
    - MF: 0
    - Offset:  $1480 / 8 = 185$
    - Longitud:  $2008 - 1480 + 20 = 548$

## Ejercicio 4



- Desde el host X se envían al host Y 2000 bytes de datos HTTP (utilizando el protocolo TCP).
- Por la red A, ¿circulan los mismos paquetes que en el ejercicio 2?
- ¿Cuál es el tamaño de segmento de la conexión TCP: 1460 o 1160 bytes?
- Calcula los paquetes que circulan por las redes A y B.

1. No, el MTU es el mismo, pero no se reciben la misma cantidad de bytes.
2. 1460%8!=0; 1160%8=0; el tamaño de segmento es 1160 bytes.

- **Fragmento 1:**

- ID: 12345
- DF: 0
- MF: 0
- Offset: 0
- Longitud:  $1160 + 20 + 20 = 1200$

- **Fragmento 2:**

- ID: 12345
- DF: 0
- MF: 0
- Offset: 0
- Longitud:  $2000 - 1160 + 20 + 20 = 880$