

Fragmentación IPv4

Introducción a los Sistemas Distribuidos (75.43)

Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería



Introducción

- **Concepto: MTU** (Maximum transmission unit)
 - Máximo tamaño de paquete de datos que se puede transferir en IP
 - Depende de la capa de enlace (por ejemplo, no tenemos la misma MTU en Ethernet que en Wi-Fi).
 - ¿Qué hacemos con paquetes de tamaño X cuando debe enviarse por una red con $MTU < X$?

Introducción

- Concepto: **MTU** (Maximum transmission unit)
 - Máximo tamaño de paquete de datos que se puede transferir en IP

$$MTU = MSS + IP_{header} + TCP_{header}$$

- ¿Qué hacemos con paquetes de tamaño X cuando debe enviarse por una red con $MTU < X$?

Solución: fragmentación

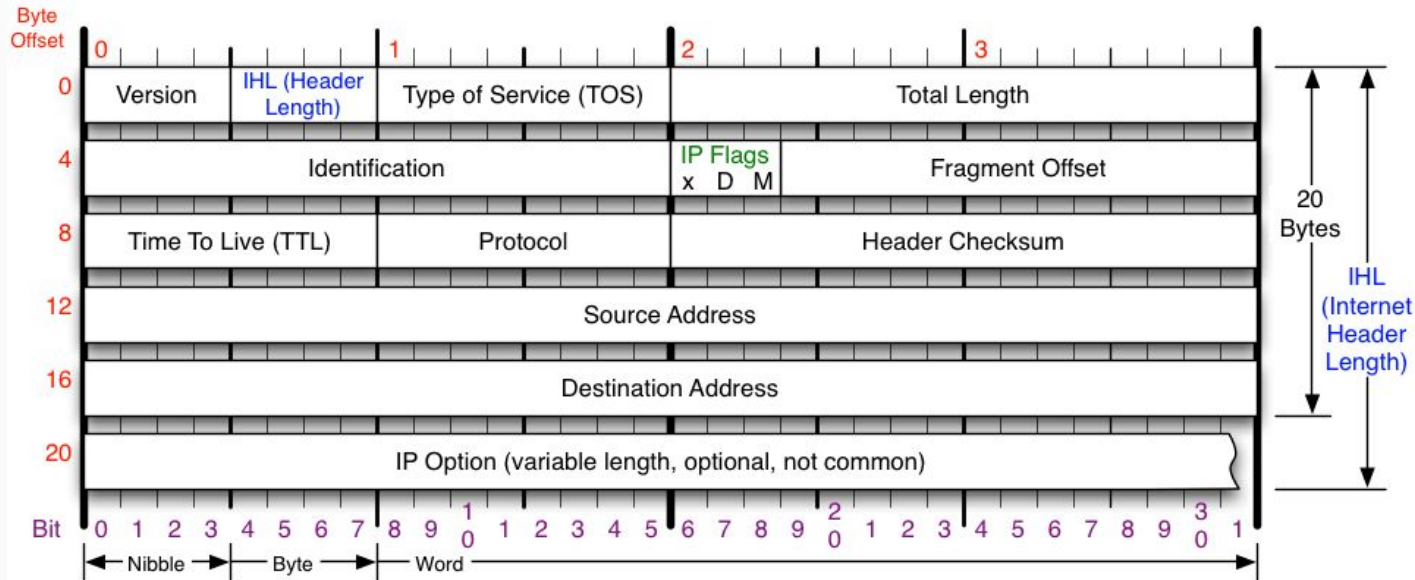
- Fragmentamos el datagrama en partes
 - Cada fragmento se transmite en un paquete IP diferente
- Fragmentación se hace en hosts y/o routers
- Ensamblado solo en el destino
 - IP es **sin conexión**: cada paquete es tratado individualmente
 - No se puede reensamblar en el camino (y costaría CPU en los routers)

Introducción

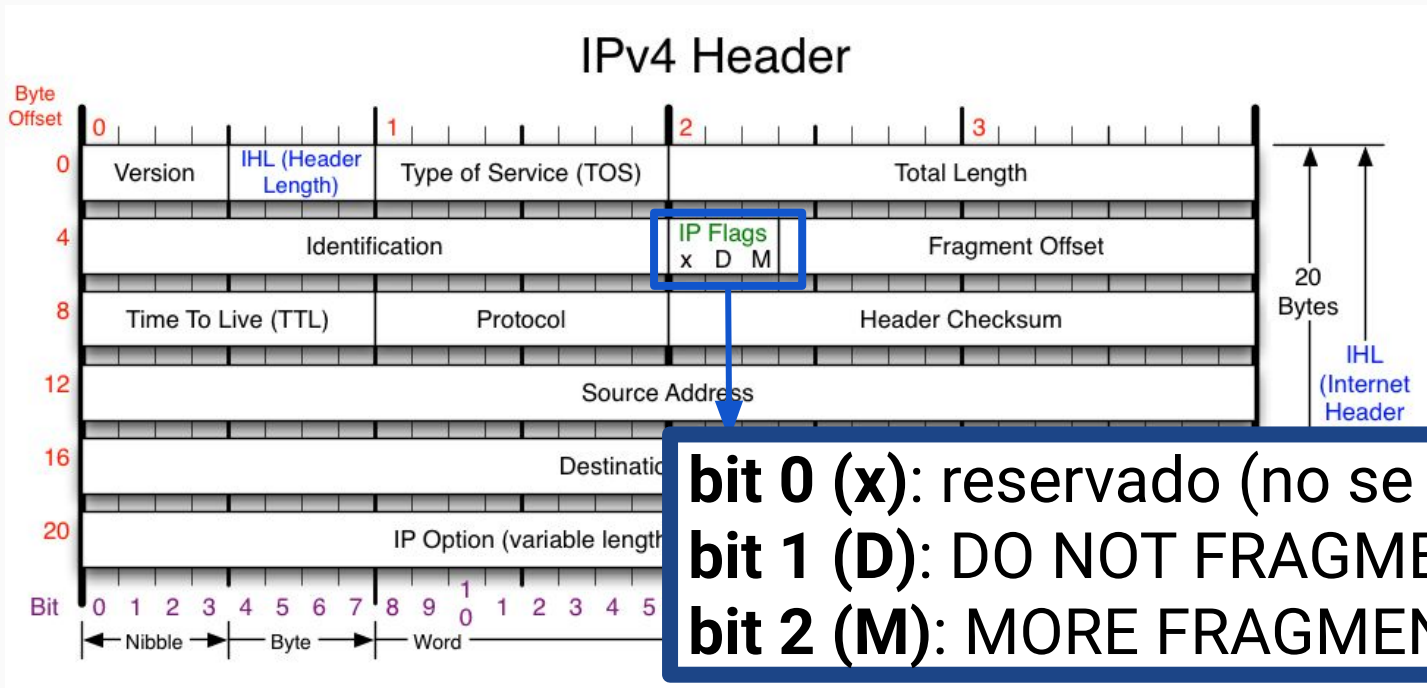
- **La info viaja en el header IP:**
 - Fragment offset
 - Flags
- Hay que ensamblarlos antes de dárselos a TCP/UDP
- Si uno o más no llegan, se descarta toda la secuencia!
 - (No es problema, eventualmente se pedirá que se reenvie desde la capa superior)

Introducción

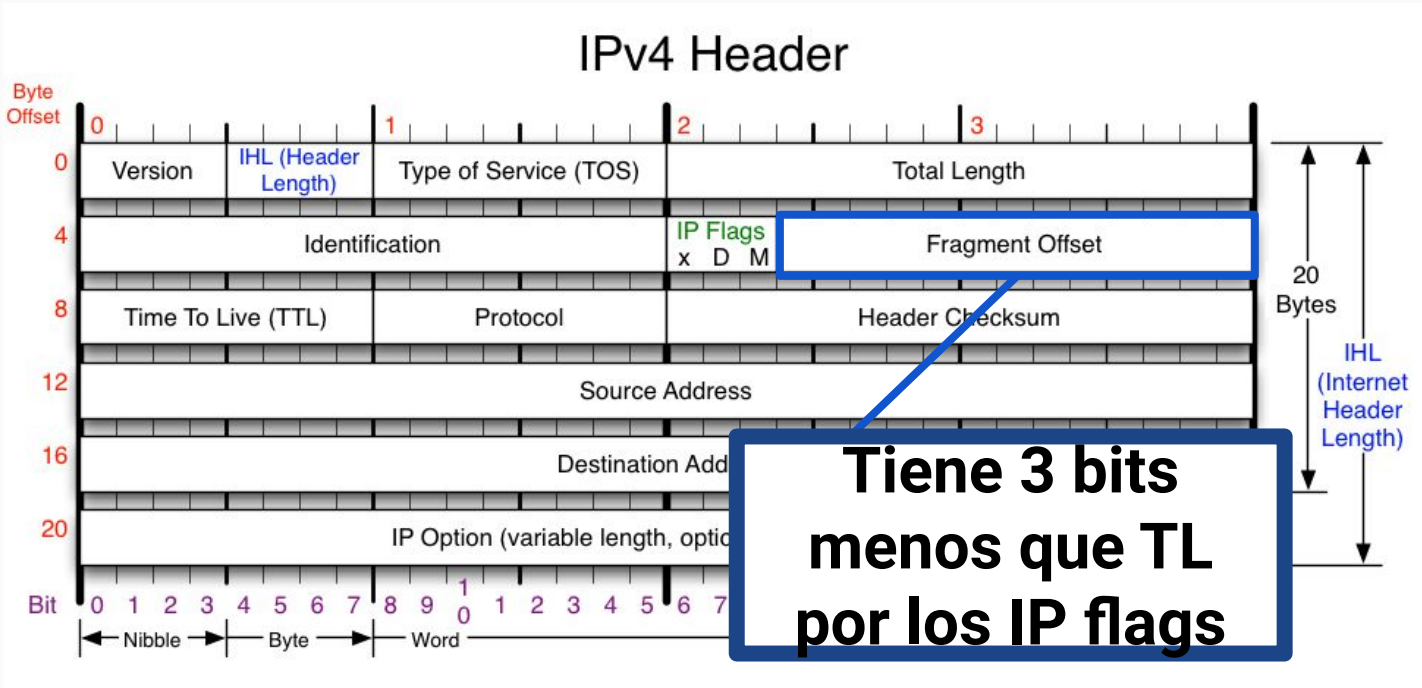
IPv4 Header



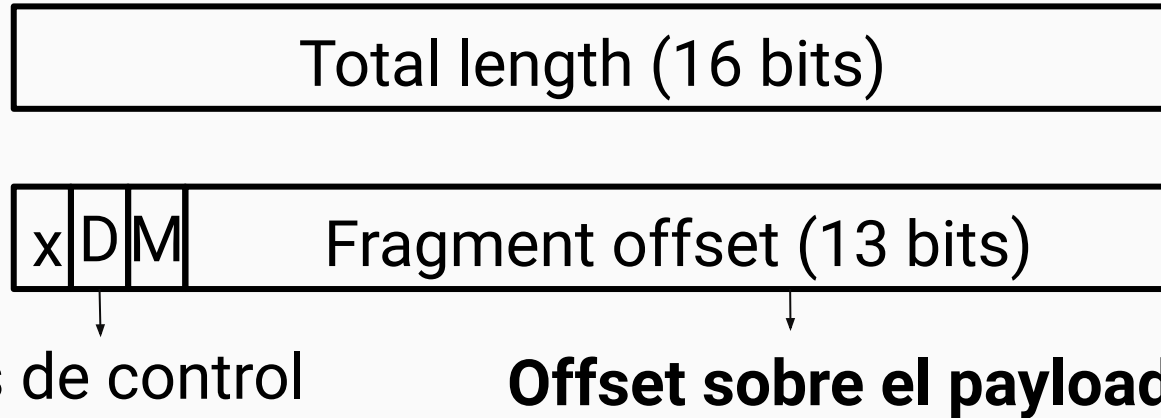
Introducción



Introducción

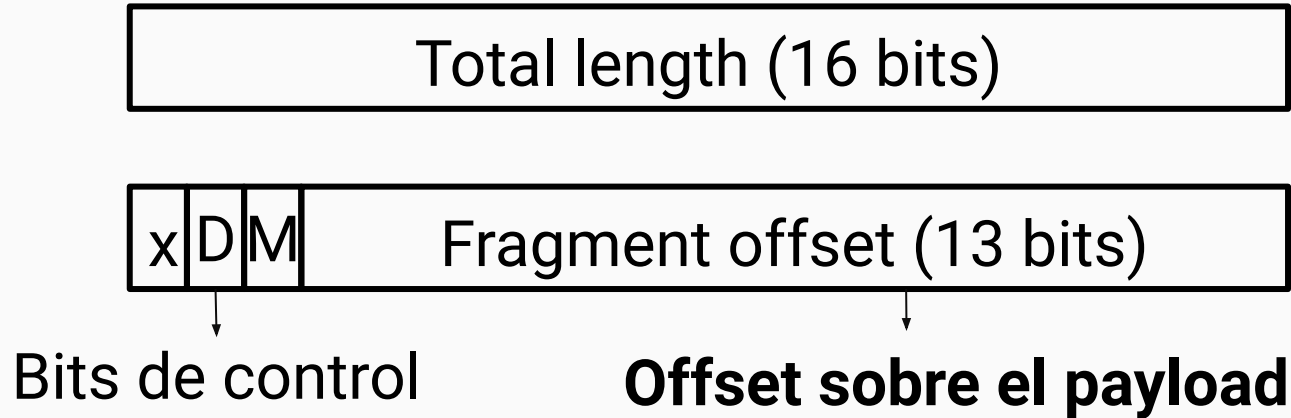


Fragment offset



- Fragment offset tiene 3 bits menos que Total Length

Fragment offset



- Fragment offset tiene 3 bits menos que Total Length
- -> **El fragment offset cuenta en unidades de 8 bytes**
- **Cada bit que nos movemos en FO implica movernos 8 en TL**

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x	D	M	Fragment offset (13 bits)
---	---	---	---------------------------

- Supongamos MTU = 550B
 - 530B payload + 20B header
- Quiero enviar un payload 800B
- **Supongamos:**
 - Fragmento 1: 530B
 - Fragmento 2: 270B

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x	D	M	Fragment offset (13 bits)
---	---	---	---------------------------

- Supongamos $MTU = 550B$

- 530

- Quiero

- Supon

- Fra

- Fragmento 2. 270B

¿Cuál sería el fragment offset de cada fragmento?

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)



- El primer fragmento tiene $FO = 0$.
- Para el segundo fragmento, dijimos que por la diferencia entre los campos TL y FO, el offset se expresaba en unidades de 8 bytes.

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x | D | M

Fragment offset (13 bits)

real offset	fragment offset
8 bytes	1
530 bytes	???

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x	D	M	Fragment offset (13 bits)
---	---	---	---------------------------

real offset	fragment offset
8 bytes	1
530 bytes	66.25

Fragment offset - Implicancias

**NO PUEDO EXPRESAR ESTE
NÚMERO EN BINARIO. DEBO
CAMBIAR EL TAMAÑO DE
LOS FRAGMENTOS**

real offset	fragment offset
8 bytes	1
530 bytes	66.25

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x	D	M	Fragment offset (13 bits)
---	---	---	---------------------------

- Supongamos MTU = 550B
 - 530B payload + 20B header
- Quiero enviar un payload 900B

**¿CÓMO CALCULO EL
TAMAÑO A UTILIZAR?**

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x	D	M	Fragment offset (13 bits)
---	---	---	---------------------------

- Supongamos MTU = 550B
 - 530B payload + 20B header
- Quiero enviar un payload 800B

$$FragmentPayloadSize = \text{floor}\left(\frac{MaxPayloadSize}{8}\right) * 8$$

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x	D	M	Fragment offset (13 bits)
---	---	---	---------------------------

- Supongamos MTU = 550B
 - 530B payload + 20B header
- Quiero enviar un payload 800B

$$FragmentPayloadSize = \text{floor}\left(\frac{MaxPayloadSize}{8}\right) * 8$$

$$FragmentPayloadSize = \text{floor}\left(\frac{530B}{8}\right) * 8 = 528B$$

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x

D

M

Fragment offset (13 bits)

- Supongamos MTU = 550B
 - 530B payload + 20B header
- Quiero enviar un payload 800B
- **Entonces:**
 - Fragmento 1: 528B (**FO = 0**)
 - Fragmento 2: 800B - 528B = 272B (**FO = ?**)

Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x | D | M | Fragment offset (13 bits)

real offset	fragment offset
8 bytes	1
528 bytes	???

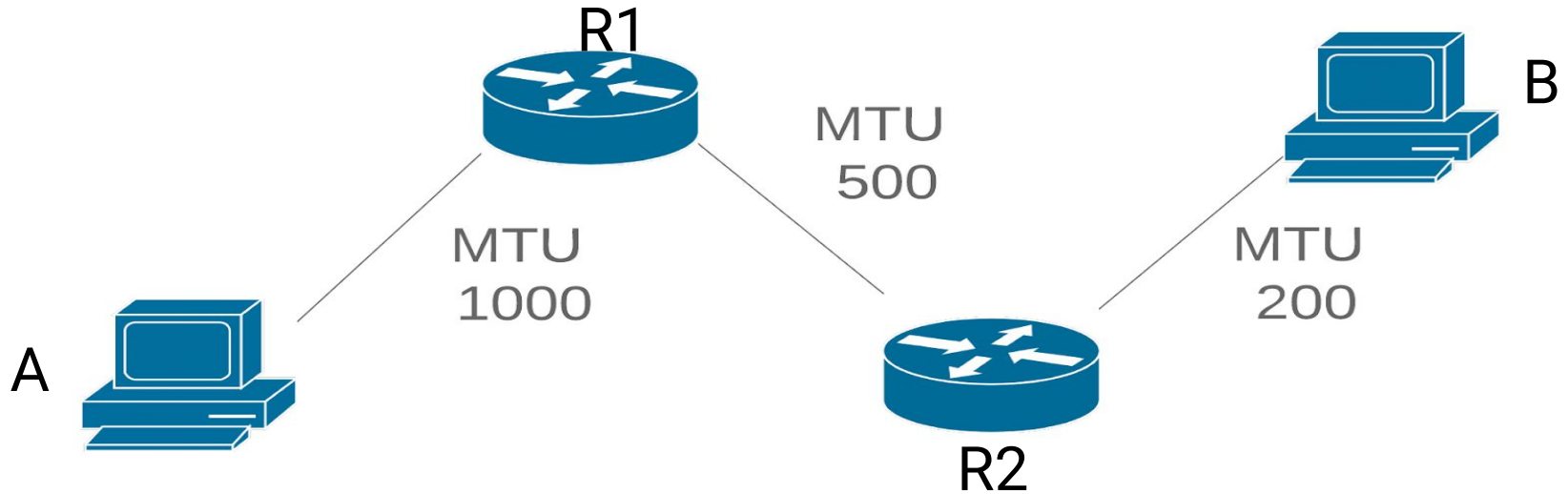
Fragment offset - Implicancias

Total length (16 bits)

x | D | M | Fragment offset (13 bits)

real offset	fragment offset
8 bytes	1
528 bytes	66

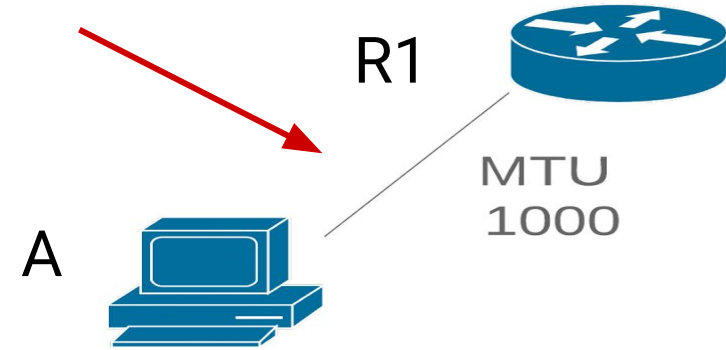
Ejercicio



El host A quiere enviar un paquete de tamaño total 620 bytes al host B. Do not fragment **no** es 1.

Ejercicio

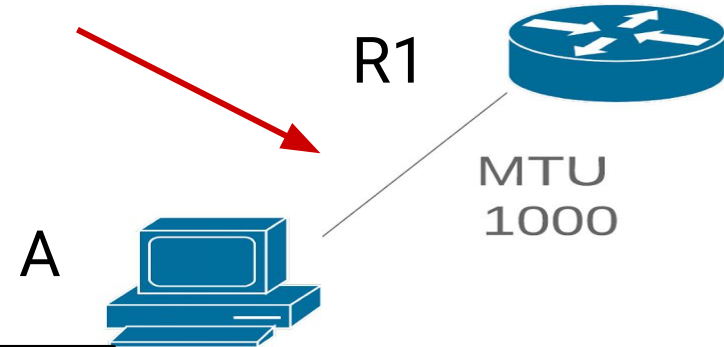
- El host A comprueba en su configuración el MTU
 - MTU=1000
 - $1000 > 620$
 - Envía el paquete sin más



Ejercicio

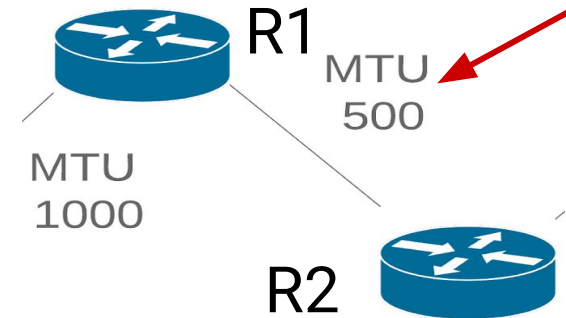
- El host A comprueba en su configuración el MTU de la red que lo conecta con R1.
 - MTU=1000
 - $1000 > 620$
 - Envía el paquete sin más

Total length: 620		
	0	0
Fragment offset: 0		



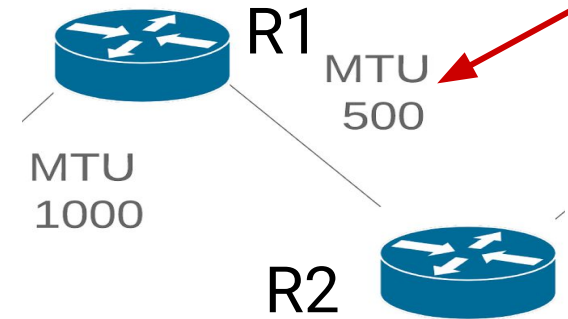
Ejercicio

- R1 comprueba la conexión con R2.
 - MTU = 500
 - $500 < 620$.
 - Do not fragment **NO** es 1 -> Fragmenta
- ¿Cómo se elige el tamaño del payload?
 - Se usa el máximo posible
 - MTU - len(header IP)!
 - Recordar que tiene que ser múltiplo de 8!



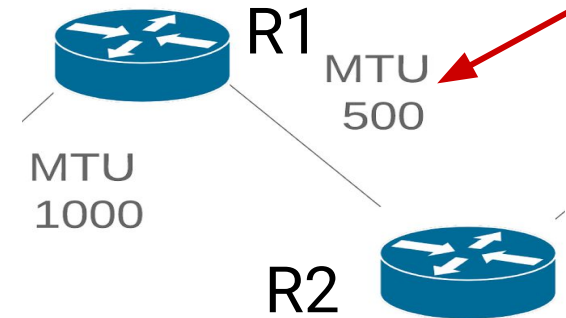
Ejercicio

- MTU = 500. $\text{len}(\text{header IP}) = 20$.
- $500 - 20 = 480$ (480 es múltiplo de 8)
- Entonces, Tpayload = **480** (salvo el último, que puede ser menor)
- ¿Cuántos fragmentos se enviarán?



Ejercicio

- MTU = 500. $\text{len}(\text{header IP}) = 20$
- $500 - 20 = 480$ (480 es múltiplo de 8)
- Entonces, Tpayload = **480** (salvo el último, que puede ser menor)
- ¿Cuántos fragmentos se enviarán?
 - Tpayload original = 600 (TL era 620)
 - # frag = **$\text{ceil}(600 / 480) = 2$**
 - uno de 480
 - el otro de $600 - 480 = 120$



Ejercicio

- **Resumiendo:**
 - Payload total a enviar = 600
 - Tpayload = 480
 - # fragmentos = 2

Ejercicio

- **Resumiendo:**

- Payload total a enviar: 600
- Tpayload = 480
- # fragmentos = 2

F1

Total length: 480 + 20			
	0	1	Fragment offset: 0

F2

Total length: 120 + 20			
	0	0	Fragment offset: 60

Ejercicio

- **Resumiendo:**

- Payload total a enviar: 600
- T
- # Hay más fragmentos

F1

Total length: 480

0 1

Fragment offset

480 / 8
Recordar
que es en
unidades de
8 bytes

Es el último

F2

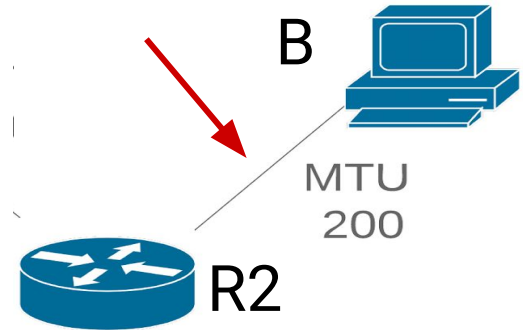
Total length: 120 + 20

0 0

Fragment offset: 60

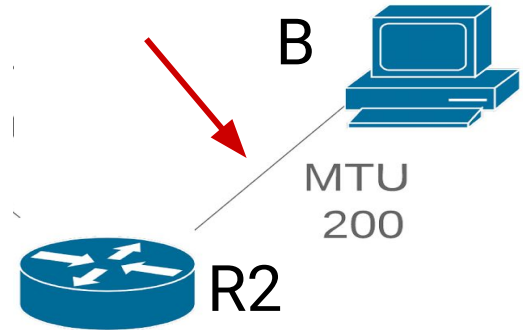
Ejercicio

- Cada paquete que llega a R2 se trata en forma independiente.
- Compara TL de *cada paquete* con el MTU de la red que lo conecta con B
 - Para F1, TL = 500 > 200 -> tenemos que fragmentar
 - Para F2, TL = 140 < 200 -> lo envía sin más.



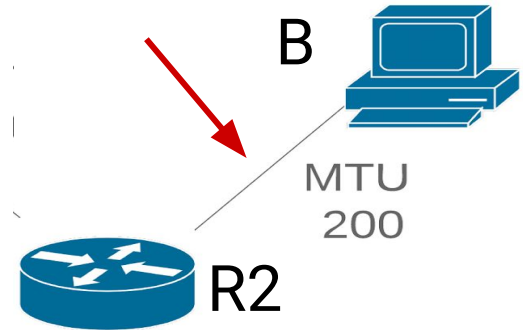
Ejercicio

- Cada paquete que llega a R2 se trata en forma independiente.
- Compara TL de *cada paquete* con el MTU de la red que lo conecta con B
 - Para F1, TL = 500 > 200 -> tenemos que fragmentar
 - Para F2, TL = 140 < 200 -> lo envía sin más.
- Calculamos el tamaño del payload
 - MTU = 200. len(header ip) = 20
 - $200 - 20 = 180$



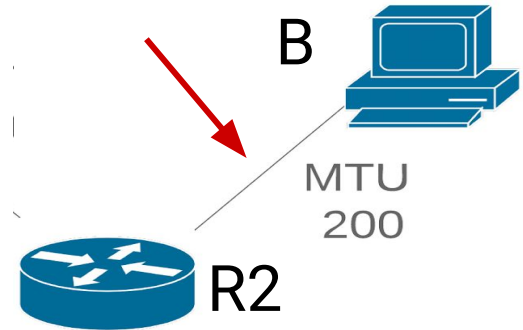
Ejercicio

- Cada paquete que llega a R2 se trata en forma independiente.
- Compara TL de *cada paquete* con el MTU de la red que lo conecta con B
 - Para F1, $TL = 500 > 200 \rightarrow$ tenemos que fragmentar
 - Para F2, $TL = 140 < 200 \rightarrow$ lo envía sin más.
- Calculamos el tamaño del payload
 - $MTU = 200$. $len(header\ ip) = 20$
 - $200 - 20 = 180$
- **Ojo!** El tamaño del payload debe estar alineado a 8 bytes $\rightarrow T_{payload} = 176$



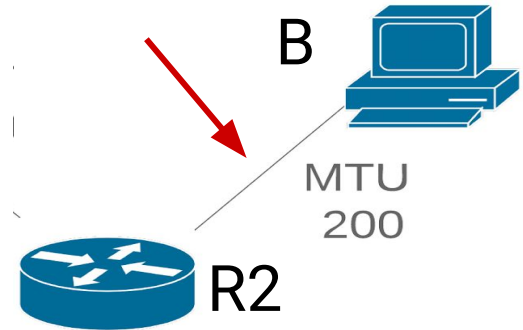
Ejercicio

- Cada paquete que llega a R2 se trata en forma independiente.
- Compara TL de *cada paquete* con el MTU de la red que lo conecta con B
 - Para F1, TL = 500 > 200 -> tenemos que fragmentar
 - Para F2, TL = 140 < 200 -> lo envía sin más.
- Calculamos el tamaño del paquete: $\text{floor}(180 / 8) * 8$
 - MTU = 200. len(header ip) = 20
 - $200 - 20 = 180$
- **Ojo!** El tamaño del payload debe estar alineado a 8 bytes -> Tpayload = 176



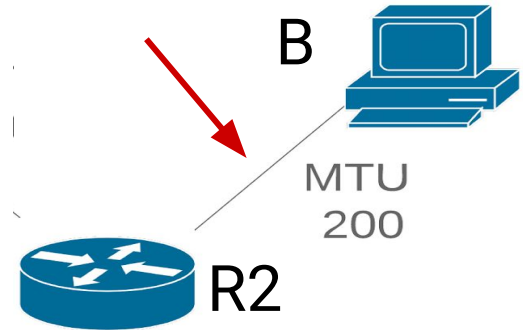
Ejercicio

- Calculamos el tamaño del payload
 - $MTU = 200$. $\text{len}(\text{header ip}) = 20$
 - $200 - 20 = 180$
- **Ojo!** El tamaño del payload debe estar alineado a 8 bytes -> $T_{\text{payload}} = 176$
- ¿Cuántos fragmentos enviamos?



Ejercicio

- Calculamos el tamaño del payload
 - $MTU = 200$. $\text{len}(\text{header ip}) = 20$
 - $200 - 20 = 180$
- **Ojo!** El tamaño del payload debe estar alineado a 8 bytes -> $T_{\text{payload}} = 176$
- ¿Cuántos fragmentos enviamos?
 - $T_{\text{payload original}} = 480$
 - $\# \text{ frag} = \text{ceil}(480 / 176) = 3$
 - 2×176
 - $1 \times 480 - 176 - 176 = 128$



Ejercicio

- **Resumiendo (F1):**
 - Payload total a enviar = 480
 - Tpayload = 2 x 176, 1x128
 - # fragmentos = 3

¿Cómo quedan los fragmentos de F1?

Ejercicio

- **Resumiendo (F1):**
 - Payload total a enviar = 480
 - Tpayload = 2 x 176, 1x128
 - # fragmentos = 3

F1_1

Total length: 176 + 20

	0	1	Fragment offset: 0
--	---	---	--------------------

F1_2

Total length: 176 + 20

	0	1	Fragment offset: 22
--	---	---	---------------------

F1_3

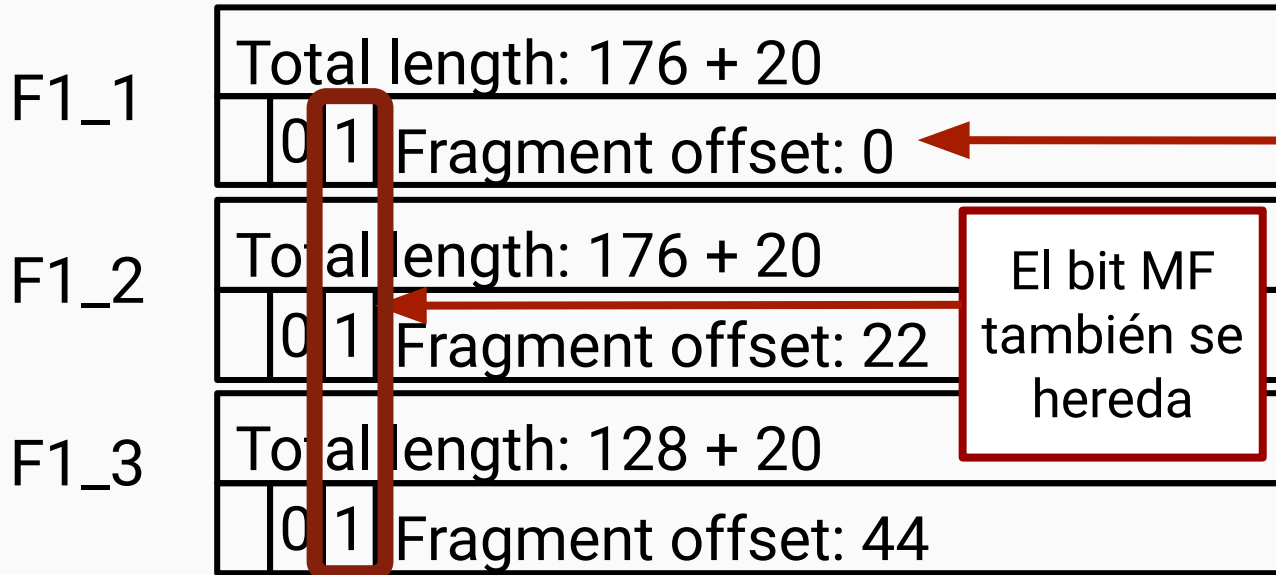
Total length: 128 + 20

	0	1	Fragment offset: 44
--	---	---	---------------------

Ejercicio

- **Resumiendo (F1):**

- Payload total a enviar = 480
- Tpayload = 2 x 176, 1x128
- # fragmentos = 3



Para el primer fragmento, se copia el FO base del paquete original

El bit MF también se hereda

Ejercicio

Lo que le llega al host B es entonces:

Nro de frag	Fragment offset	Total length	Payload length	More fragments
F1_1	0	196	176	1
F1_2	22	196	176	1
F1_3	44	148	128	1
F2	60	140	120	0

Ejercicio

Lo que le llega al host B es entonces:

Nro de frag	Fragment offset	Total length	Payload length	More fragments
F1_1	0	196	176	1
F1_2	22	196	176	1
F1_3	44	148	128	1
F2	60	140	120	0

La suma de los payloads parciales debe dar el
payload que queríamos enviar inicialmente
 $600 = 176 + 176 + 128 + 120$

Fragmentación - Ataques DoS

Ataque a hosts:

- Un atacante envía un fragmento, pero no envía el resto.
- El receptor crea un buffer para almacenar los fragmentos para luego reconstruirlos.
- Haciendo esto a gran escala se logra agotar los recursos del host.

Fragmentación - Ataques DoS

Ataque a routers:

- Un atacante envía un paquete para ser fragmentado.
- El router dedica pocos recursos a realizar la fragmentación.
- Haciendo esto a gran escala se logra drenar el CPU del router.

Referencias

- Kurose, James F., and Keith W. Ross. "4.3.2 IPv4 Datagram Fragmentation" Computer Networking: A Top-down Approach. 7ed. Hoboken, NJ: Pearson.
- Kurose, James F., and Keith W. Ross. "4.3.3 IPv4 Addressing" Computer Networking: A Top-down Approach. 7ed. Hoboken, NJ: Pearson.