GG1, GG2, GP1, GP3 de Redes de Computadores

La capa de red – GG1

En el modelo de capas TCP/IP, la capa de red es la encargada de transportar segmentos del nivel de transporte desde un host origen a otro destino. La capa de red en:

- El **transmisor**, encapsula los segmentos en datagramas, y los envía al destino.
- El **receptor**, desencapsula los segmentos y los entrega a la capa de transporte.

Las funciones clave que realiza la capa de red para transportar los datagramas son:

- **Reenvío**: Enviar paquetes desde un interfaz de entrada a otro de salida de un router.
- **Enrutamiento/Encaminamiento**: Definir la ruta/camino completo desde un host origen hasta el host destino.

Modelos de servicio de la capa de red – GG1

Se pueden diferenciar dos modelos de servicio (funcionamiento) de la capa de red:

- **Por conmutación de circuitos** (**servicio orientado a conexión**): El modelo de servicio que usa circuitos virtuales (redes conectivas), antes de enviar datos, se establece un camino fijo entre origen y destino, llamado circuito virtual (**VC**), ruta la cual estará reservada. Este modelo se divide en tres fases:
  1. **Establecimiento de la conexión (del VC)**
  2. **Uso de la conexión (del VC)**
  3. **Liberación de la conexión (del VC)**

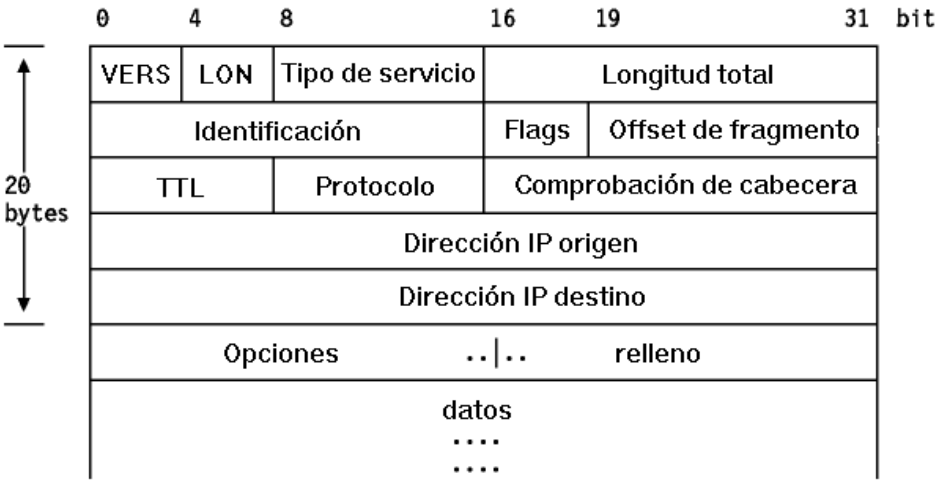
  Todos los paquetes* viajan por la misma ruta y llegan en orden. Tienen un mayor control de calidad (ancho de banda) y son menos flexibles ante fallos.

- **Por conmutación de datagramas** (**servicio NO orientado a conexión**): Este modelo es el que usa Internet (IP). No se establece conexión previa. Cada datagrama se envía de forma independiente, pudiendo tomar rutas distintas y en orden desordenado (es NO fiable). Este modelo es más flexible y de recursos compartidos, pero es más robusto a fallos y tiene menor control de calidad.

Tablas de enrutamiento y reenvío de un router – GG1

La tabla de enrutamiento sirve para decidir cuál es el mejor camino hacia cada red, usando información de otros routers. De ella se obtiene la tabla de reenvío, que es la que se usa realmente para enviar los paquetes. Cuando llega un paquete, el router busca la dirección destino y lo envía por la entrada con mayor coincidencia de bits (prefijo más largo). Esto significa que se elige la ruta más específica, no la más general.

Formato de los datagramas IP – GG2



- **VERS**: Número de la versión del protocolo IP (IPv4 o IPv6).
- **LON o IHL**: Longitud de la cabecera IP (en 4 Bytes, palabras de 16 bits).
- **Longitud total**: Longitud total del datagrama (en Bytes).
- **TTL**: Time To Live, número máximo de saltos que restan (decrementa en cada router).
- **Protocolo**: Protocolo de la capa superior (TCP, UDP, etc.).
- **Comporbación de cabecera**: Checksum del datagrama, si viene con error, se descarta.

Si el datagrama viene sin opciones (campo adicional de la cabecera), entonces el tamaño de la cabecera es de 20 Bytes (tamaño mínimo y estándar de las cabeceras IP).

Fragmentación IP – GG2

La MTU es el tamaño máximo de datos (PDU de red o SDU de enlace) que soporta un enlace. Si un datagrama IP es mayor que la MTU, el datagrama debe ser fragmentado. Un datagrama se puede fragmentar varias veces, y solo se reensambla en el destino. En estos casos se toma en cuenta los siguientes campos de la cabecera IP:

- **Flag DF (Don't Fragmentate)**: Si está activado, significa que no se puede fragmentar el paquete. En caso de que el paquete sea más grande que la MTU y no se pueda fragmentar, se descartará el paquete.
- **Flag MF (More Fragments)**: Si está activado, significa que se trata de un fragmento de un paquete, del cual aún faltan más fragmentos por llegar. En caso de no estar activado, es porque se trata del último fragmento de un paquete o de un paquete no fragmentado.
- **Offset (o desplazamiento)**: Permite saber el orden del fragmento, codificado en múltiplos de 8, por faltar 3 bits en ese campo.
- **Identificador**: Número que sirve para identificar un paquete. Los fragmentos de un mismo paquete compartirán este valor.

Direccionamiento IP – GG2

Las direcciones IP son de 32 bits; bits con los que se puede identificar interfaces de red de hosts y routers. Vocabulario y conceptos importantes a saber:

Interfaz: Conexión entre hosts o routers y el enlace físico.

Un router suele tener varias interfaces. Un host suele tener una o dos interfaces. Cada interfaz tiene al menos una dirección IP.

Subred: Conjunto de hosts que se pueden enviar tráfico IP sin la intervención de un router.

Tienen que estar conectadas físicamente a través de una LAN. La mayor parte de las veces es un grupo de ordenadores que cuelgan del interfaz de un router. Es imprescindible que los hosts tengan direcciones IP con el prefijo de subred correctamente configurado.

Estructura de una dirección IP: Se dividen en dos partes:

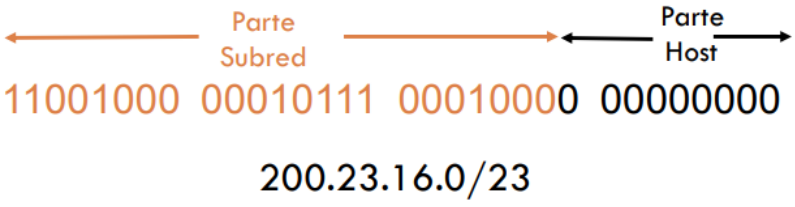
- **Parte de subred (bits mayor peso)**: Determina la subred a la que pertenece el interfaz del host.
- **Parte de host (bits menor peso)**: Determina el número de host dentro de la subred.

Máscara de red: Número de 32 bits que junto con una dirección IP, permite determinar qué parte de una dirección IP especifica el número de subred, y qué parte especifica el número de host. Los bits a 1 en la máscara determinan el prefijo de red, y los bits a 0 el host dentro de la subred.

Direccionamiento CIDR: Porción de subred de longitud arbitraria. Su formato de dirección es: **A.B.C.D/x**, donde **x** es el número de bits consecutivos que indica la parte de subred. Dos direcciones están reservadas:

- Dirección de subred (todo el campo de host a ceros)
- Dirección de broadcast o difusión (todo el campo a unos)

Ejemplo del formato de una dirección IP con una máscara de 23 bits:



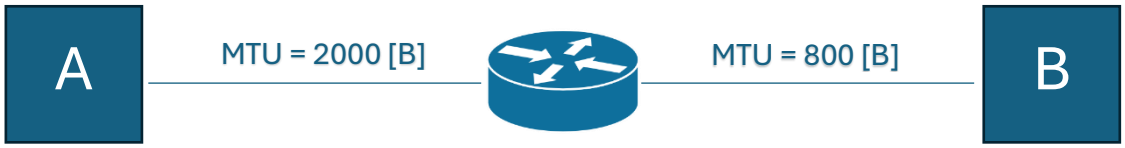
La máscara /23 indica que se toman los primeros 23 bits desde la izquierda de la dirección 200.23.16.0 en su conversión a binario, obteniéndose así la parte de subred de la dirección. El resto de bits son para identificar a un host dentro de la subred. Dado que quedan 9 bits, puede haber hasta (2^9 – 2) equipos. Se resta 2 debido a que dos direcciones están reservadas.

Fragmentación IP – Ejercicio 1 del GP2

Un segmento del nivel de transporte contiene 1500 Bytes de datos y una cabecera de 20 Bytes. Este segmento, se envía al nivel de red que le añade su propia cabecera, también sin opciones. **De aquí sacamos que: SDU_T = 1500, H_T = 20, PDU_T = 1520, H_R = 20.**

Este datagrama se transmite mediante 2 redes interconectadas que incorporan, cada una, 14 Bytes de cabecera de nivel de enlace de datos. **H_E = 20.**

Teniendo en cuenta que la red origen admite datagramas de tamaño máximo 2000 Bytes y la de destino 800 Bytes. **Diagrama que debemos mentalizar con esta información:**



a) ¿Cuántos Bytes, incluyendo cabeceras, se entregan al protocolo del nivel de red en el host destino? ¿Y al nivel de transporte?

Primero se comprueba que el tamaño del datagrama (PDU_R) sea menor que la MTU del enlace. La PDU_R es de 1540 (PDU_T + H_R), la cual es menor para la MTU del primer enlace (1540 < 2000), por lo tanto, no haría falta fragmentar para el medio entre el host A y el router. En cambio, la MTU desde router hasta el host B es de 800 [B], y como el tamaño del datagrama en este caso SÍ que es mayor que la MTU (1540 > 800), toca fragmentar el datagrama.

Solo se fragmenta la carga útil del datagrama, es decir, la SDU_R (1520), ya que cada fragmento deberá tener una cabecera IP distinta. Todos los fragmentos, excepto el último, deben tener una carga útil de tamaño múltiplo de 8 y con un tamaño total menor o igual que el valor de la MTU. Para calcular el tamaño de la carga útil del fragmento, se toma el primer número que sea múltiplo 8 y menor o igual que el valor de la MTU menos el tamaño de la cabecera de red usada. Para este caso sería:

MTU - H_R = 800 – 20 = 780 → 780/8 = 97 → 97*8 = 776 → 776 sería el tamaño de la SDU del primer fragmento. Y la del siguiente (y último) fragmento sería 1520 – 776 = 744.

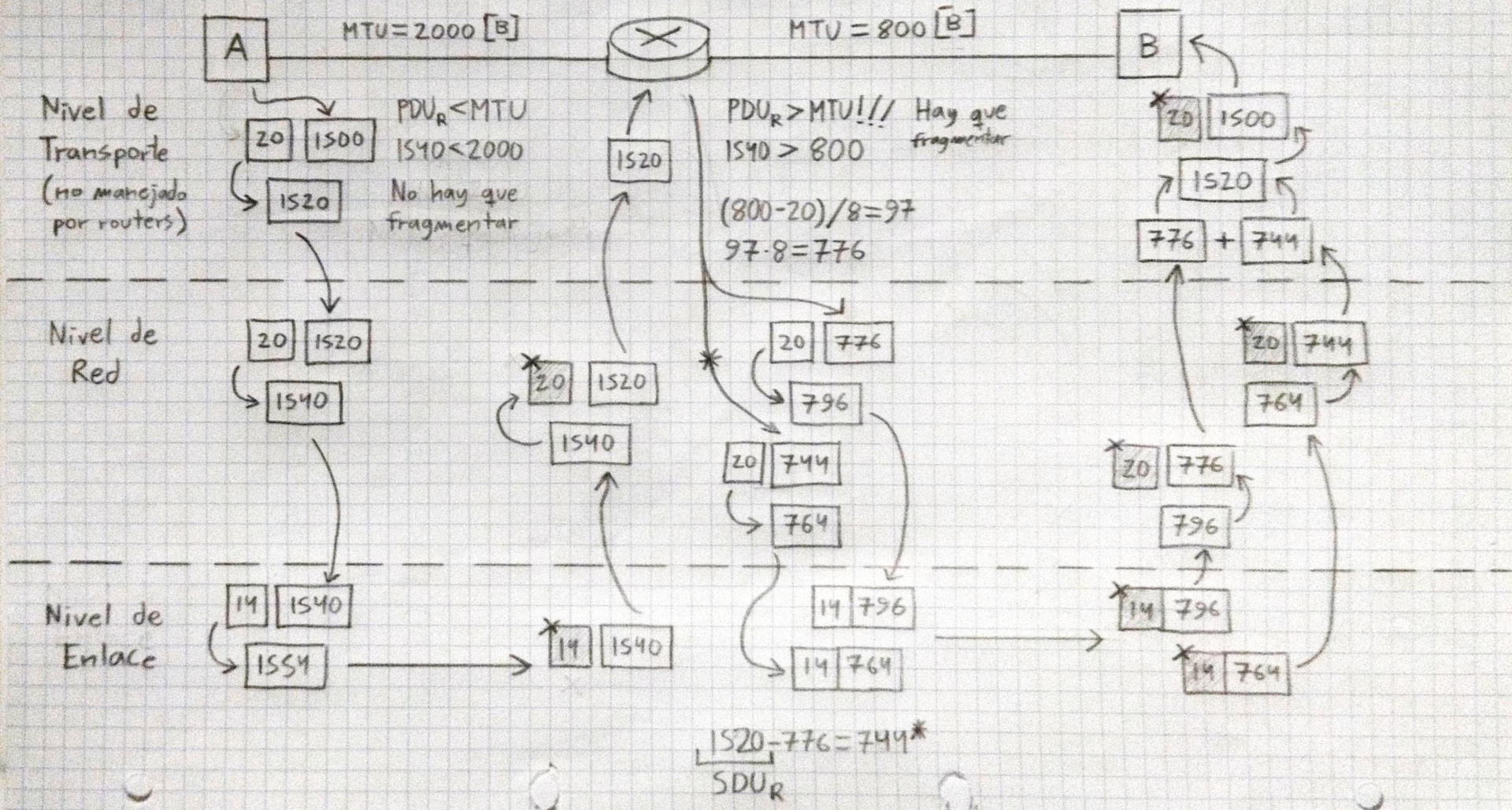
Añadiendo las cabeceras de red a cada fragmento nos quedan:

- **Un fragmento de 796 Bytes (776 + 20).**
- **Y un fragmento de 764 Bytes (744 + 20).**

Luego se enviarían los fragmentos (añadiéndoles las cabeceras de nivel de enlace) a la capa de enlace del host B, entregándose un total de 1560 Bytes (796 + 764) a la capa de red del host B. Y se entregan un total de 1520 Bytes (776 + 764) a la capa de transporte del host B. Adjunto foto del procedimiento entero:

GP2 - Ejercicio 1

$SDU_T = 1500\,[B]$, $H_T = 20\,[B]$ $\Rightarrow PDU_T = 1520\,[B]$, $H_R = 20\,[B] \Rightarrow PDU_R = 1540\,[B]$; $H_E = 14\,[B]$



b) Si el identificador del datagrama original es “102d” (ciento dos decimal) y el valor del bit DF es 0 (cero) indique, para que cada uno de los fragmentos del datagrama IP en el destino, el valor de los campos: longitud total, offset, bits MF y DF e identificador.

	Long. total	Offset	MF	DF	Identificador
Primer fragmento	**796 [B]**	**0**	**1**	**0**	**102d**
Segundo fragmento	**764 [B]**	**97**	**0**	**0**	**102d**

Fragmentación IP – Ejercicio 2 del GP2

Un datagrama IPv4 de 1052 Bytes, incluida su cabecera IP sin opciones, se transmite por 4 redes con los siguientes valores de MTU:

MTU1: 1500 Bytes MTU2: 712 Bytes MTU3: 400 Bytes MTU4: 1500 Bytes

Indique la longitud total, el bit MF y offset de los datagramas fragmentado recibidos en el receptor.

Como la cabecera IP es sin opciones, su tamaño es de 20 Bytes. Por lo que, la carga útil del datagrama (SDU_R) es de 1052 – 20 = 1032 Bytes (PDU_R – H_R). En este caso, este enlace de comunicaciones tendría el siguiente aspecto:

En el primer enlace (A–R1) no hace falta fragmentar ya que la PDU_R es menor que la MTU1 (1052 < 1500). Por lo que, el datagrama que envía llevaría la siguiente Info:

Long. total	MF	Offset
1052 [B]	**0**	**0**

En el segundo enlace (R1–R2) habría que fragmentar el datagrama ya que la PDU_R es mayor que la MTU2 (1052 > 712). Cálculo: 712 – 20 = 692 → 692/8 = 86 → 86*8 = 688. El primer fragmento sería de 708 Bytes (688 + 20) y segundo de 364 Bytes (344 + 20), ya que 344 = 1032 – 688 (carga útil total – carga útil del primer fragmento). La información de la cabecera que llevarían estos dos fragmentos sería la siguiente:

Long. total	MF	Offset
708 [B]	**1**	**0**
364 [B]	**0**	**86**

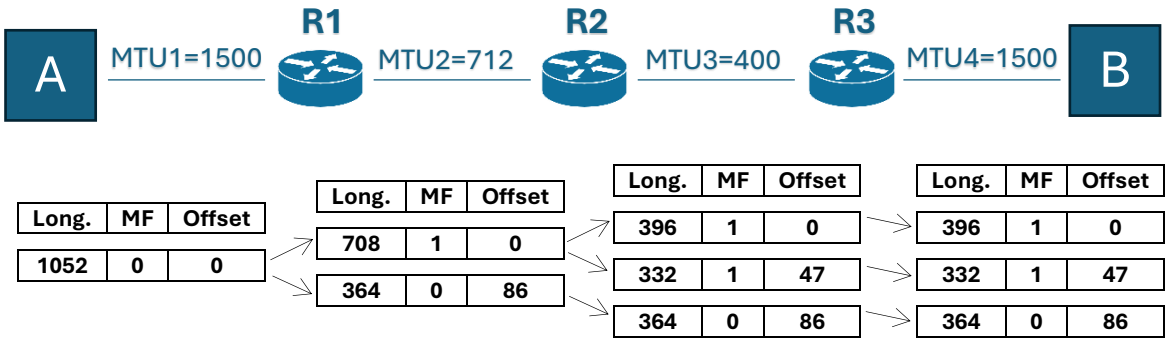
En el tercer enlace (R2–R3) habría que fragmentar el primer fragmento transmitido por R2, ya que su PDU_R > MTU3 (708 > 400). El segundo fragmento no haría falta fragmentarlo de nuevo porque es menor que la MTU3 (364 < 400). Cálculo para el primer fragmento: 400 – 20 = 380 → 380/8 = 47 → 47*8 = 376 Bytes de carga útil. Ahora se enviarán 3 fragmentos: el primero de 396 Bytes (376 + 20), el segundo de 332 Bytes (312 + 20) [los 312 son de los 688 {carga útil del fragmento de 708 Bytes} – 376] y el tercero de 364 Bytes. Estos llevarán la siguiente información en sus cabeceras:

Long. total	MF	Offset
396 [B]	1	0
332 [B]	1	47
364 [B]	0	86

En el último enlace (R3–B) no hace falta fragmentar porque cada fragmento es de menor tamaño que la MTU4. Cabe destacar que el host B es el encargado de reconstruir el paquete, y que los routers solo se encargan de reenviar y/o fragmentar. Por lo tanto, se reenvían los fragmentos que recibe R3 a B tal cuales, con la misma información en las cabeceras:

Long. total	MF	Offset
396 [B]	1	0
332 [B]	1	47
364 [B]	0	86

A continuación, se muestra un esquema resumen de la información de las cabeceras de los fragmentos que se transmiten por cada enlace:



Como último paso, podemos comprobar si la suma las cargas útiles de los fragmentos que recibe el host B es igual al tamaño de la carga útil del datagrama original (1032 Bytes):

376 [396 – 20] + 312 [332 – 20] + 344 [364 – 20] = 1032 Bytes

Ejercicios 3 y 4 de la GP2 y los de la GP3 en progreso...

Última modificación: 10/02/2026