

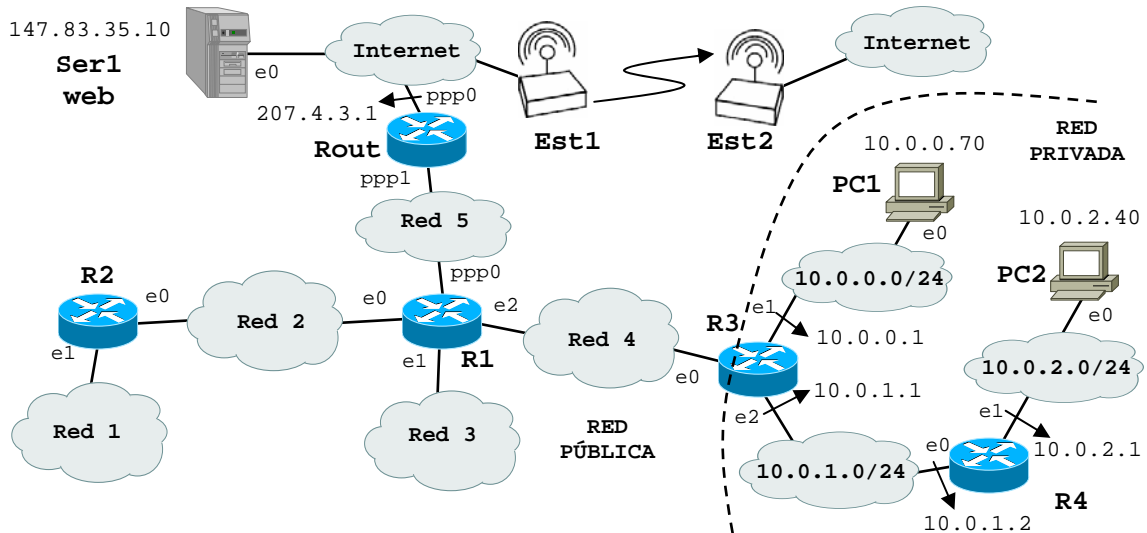
Problema. 6 puntos.

Cada pregunta vale 1.67 puntos excepto la c) que vale 1 punto.

Disponemos de la red de la figura compuesta por una parte privada y una parte pública. Para la red pública usaremos direcciones IP tomadas del rango 207.4.3.0/24 proporcionado por el ISP. El número de usuarios de cada una de las 5 redes que forman la red pública es el siguiente:

- Red 1 25 usuarios
- Red 2 10 usuarios
- Red 3 20 usuarios
- Red 4 10 usuarios
- Red 5 ningún usuario

El router de conexión a Internet Rout tiene asignada la dirección IP 207.4.3.1 tomada del rango a disposición.



- Diseñar un esquema de direccionamiento para la red pública. Se puede elegir de usar mascararas fijas o variables. Indica claramente de cada subred la mascara, la dirección de red, la dirección de broadcast, el número de direcciones IP disponibles y cuantas quedan libres después de asignar las IP a los usuarios y a los routers.
- Se hace un ping del PC1 al PC2. Suponer que las direcciones MAC de las maquinas se indican con los últimos dos octetos de la dirección IP (por ejemplo la dirección MAC de 10.0.1.70 es :0170) y que las tablas ARP de PC1 y R3 están vacías, mientras las de R4 y PC2 contienen las siguientes entradas.

Tabla ARP R4

@IP	@MAC
10.0.2.40	:0240

Tabla ARP PC2

@IP	@MAC
10.0.2.1	:0201

Indica la dirección MAC de broadcast como :FFFF

Indicar la información que se envía completando una tabla del tipo:

Eth		ARP					IP		ICMP
@src	@dst	Query / Response	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	@src	@dst	Echo RQ/RP

- Indica a cual router hay que aplicar un NAT dinámico por puertos (3000-3300) para que el usuario del PC1 pueda conectarse al servidor web de Internet Ser1. Sabiendo que la aplicación cliente usa el puerto 1064, indica cual seria la conversión IP/puertos en el router completando una tabla del tipo:

Dirección		Interfaz	IP		Puerto		Web
			Origen	Destino	Origen	Destino	Petición/Servicio
Ida	Entrada						
	Salida						
Vuelta	Entrada						
	Salida						

- Para interconectar dos partes lejanas de Internet se usa una conexión inalámbrica entre las estaciones Est1 y Est2. Estas dos estaciones usan un protocolo ARQ de retransmisión selectiva a 10 Mbit/s. La distancia entre las estaciones es de 1000 km y la velocidad de propagación de 2×10^8 m/s. La longitud de las PDUs es de 1500 bytes mientras los acks son de 20 bytes. Hay que determinar la ventana óptima W_{opt} de este sistema, diseñar el tiempo de time-out calculado como el 50% más de la ventana óptima y determinar cual debería ser la probabilidad de error en el bit P_b para tener una eficiencia del sistema superior al 95%.

Resolución.

a)

Red	Usuarios	Interfaces routers	Red + broadcast	Total @IP
red 1	25	e1 de R2	2	28
red 2	10	e0 de R2 + e0 de R1	2	14
red 3	20	e1 de R1	2	23
red 4	10	e2 de R1 + e0 de R3	2	14
red 5	0	ppp0 de R1 + ppp1 de Rout	2	4

Red 1 es la que mas @IPs necesita 28. La mínima potencia de dos superior a 28 es $2^5=32$
 => se necesitan por lo menos 5 bits para el hostID.

netID 24 bits	subnetID 3 bits	hostID 5 bits	Dirección de red
207. 4. 3.	0 0 0	0 0 0 0 0	207.4.3.0
207. 4. 3.	0 0 1	0 0 0 0 0	207.4.3.32
207. 4. 3.	0 1 0	0 0 0 0 0	207.4.3.64
207. 4. 3.	0 1 1	0 0 0 0 0	207.4.3.96
207. 4. 3.	1 0 0	0 0 0 0 0	207.4.3.128
207. 4. 3.	1 0 1	0 0 0 0 0	207.4.3.160
207. 4. 3.	1 1 0	0 0 0 0 0	207.4.3.192
207. 4. 3.	1 1 1	0 0 0 0 0	207.4.3.224

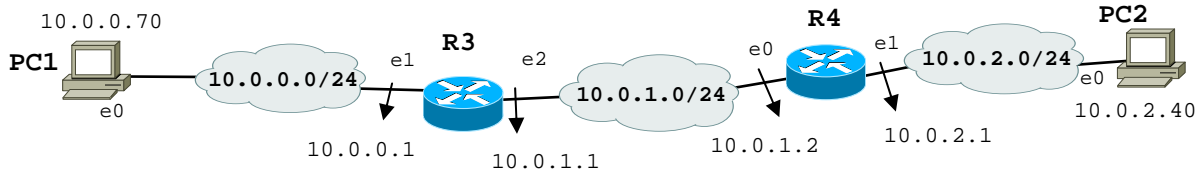
Mascara => 24 bits de netID + 3 bits de subnetID = 27 bits

- o /27
- o 255.255.255.224

Dirección de red	Dirección de broadcast	Asignada a	@IP disponibles	@IP libres
207.4.3.0	207.4.3.31	ppp0 de Rout (207.4.3.1)	32	29
207.4.3.32	207.4.3.63	red 1	32	4
207.4.3.64	207.4.3.95	red 2	32	18
207.4.3.96	207.4.3.127	red 3	32	9
207.4.3.128	207.4.3.159	red 4	32	18
207.4.3.160	207.4.3.191	red 5	32	28
207.4.3.192	207.4.3.223	libre	32	todas
207.4.3.224	207.4.3.255	libre	32	todas

La red 207.4.3.0/27 no se puede asignar a una red interna porque la dirección 207.4.3.1 se esta usando para conectar el router de salida Rout con Internet.

b)



N	Cabecera trama		ARP					IP		ICMP
	origen	destino	Q/R	MAC sender	IP sender	MAC receiver	IP receiver	origen	destino	Echo RQ/RP
1	:0070	:FFFF	Q	:0070	10.0.0.70	?	10.0.0.1	-	-	-
2	:0001	:0070	R	:0001	10.0.0.1	:0070	10.0.0.70	-	-	-
3	:0070	:0001	-	-	-	-	-	10.0.0.70	10.0.2.40	RQ
4	:0101	:FFFF	Q	:0101	10.0.1.1	?	10.0.1.2	-	-	-
5	:0102	:0101	R	:0102	10.0.1.2	:0101	10.0.1.1	-	-	-
6	:0101	:0102	-	-	-	-	-	10.0.0.70	10.0.2.40	RQ
7	:0201	:0240	-	-	-	-	-	10.0.0.70	10.0.2.40	RQ
8	:0240	:0201	-	-	-	-	-	10.0.2.40	10.0.0.70	RP
9	:0102	:0101	-	-	-	-	-	10.0.2.40	10.0.0.70	RP
10	:0001	:0070	-	-	-	-	-	10.0.2.40	10.0.0.70	RP

- PC1 de la red 10.0.0.0/24 debe hacer un ping a PC2 de la red 10.0.2.0/24. Siendo dos redes distintas, PC1 necesita pasar por el router R3 que le hace de gateway con la interfaz e1 con IP 10.0.0.1. Para poder enviar el ping a R3, PC1 necesita conocer la MAC de esta interfaz. Envía entonces un ARP request en broadcast en la red 10.0.0.0/24 para descubrir la MAC del 10.0.0.1.
- R3 contesta a PC1 con un ARP reply informándole que la MAC de su interfaz e1 es :0001. Al finalizar los pasos 1 y 2, PC1 y R3 tienen una nueva entrada en sus respectivas tablas ARP

@IP	@MAC
10.0.0.1 (e1 de R3)	:0001

@IP	@MAC
10.0.0.70 (PC1)	:0070

- PC1 ahora conoce la MAC de la interfaz e1 de R3 y le puede enviar el ping para PC2. Este es un datagrama ICMP request con dirección IP fuente PC1 y destino PC2, mientras a nivel de trama la dirección física es la interfaz de PC1 y la interfaz e1 de R3.
- Cuando R3 recibe el ping, mira en su tabla de encaminamiento como llegar a la dirección IP destino, es decir PC2. Ve que tiene que enviarlo por su interfaz e2 y llegar a la interfaz e0 del router R4. En la tabla ARP, R3 no tiene la MAC de la interfaz e0 de R4 así que debe descubrirla; envía un ARP request en broadcast por la red 10.0.1.0/24 saliendo por su interfaz e2.
- R4 envía el ARP reply a R3 informándole sobre la MAC de su interfaz e0. Al finalizar este paso, R3 y R4 tienen nuevas entradas en sus tablas ARP.

@IP	@MAC
10.0.0.70 (PC1)	:0070
10.0.1.2 (e0 de R4)	:0102

@IP	@MAC
10.0.2.40 (PC2)	:0240
10.0.1.1 (e2 de R3)	:0101

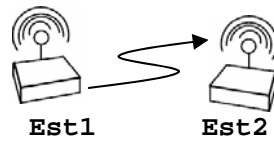
- Ahora R3 puede enviar el ping de PC1 a R4.
- R4 recibe el ping, mira su tabla de encaminamiento y ve que puede llegar a PC2 con entrega directa saliendo por su interfaz e1; mira su tabla ARP y ve que ya tiene la MAC de PC2 así que puede pasarle el ping sin necesidad de hacer un ARP.
- PC2 recibe el ping de PC1 y le contesta con un datagrama ICMP reply. Para contestarle ve en su tabla de encaminamiento que debe pasar por el router R4 que le hace de gateway. La tabla ARP de PC2 ya tiene la MAC de la interfaz e1 de R4 así que le envía el ping reply.
- R4 recibe el ping reply y ve en su tabla de encaminamiento que para llegar a PC1 debe pasar por R3. Mira su tabla ARP y ve que ya tiene la MAC de la interfaz e2 de R3, así que le pasa el ping reply sin necesidad de hacer un ARP.
- R3 recibe el ping reply y ve en su tabla de encaminamiento que para llegar a PC1 debe hacer una entrega directa saliendo por su interfaz e1. Su tabla ARP ya contiene la MAC de PC1 así que envía el ping reply sin necesidad de hacer un ARP.

c)

El NAT es mejor aplicarlo al router de salida hacia Internet de la red administrada, es decir el router Rout.

		IP		Puerto		Web	
Dirección		Interfaz	Origen	Destino	Origen	Destino	Petición/Servicio
Ida	Entrada	ppp1	10.0.0.70	147.83.35.10	1064	80	Petición
	Salida	ppp0	207.4.3.1	147.83.35.10	4000	80	Petición
Vuelta	Entrada	ppp0	147.83.35.10	207.4.3.1	80	4000	Servicio
	Salida	ppp1	147.83.35.10	10.0.0.70	80	1064	Servicio

d)



Datos utiles:

ReTxSel
 $v_t = 10 \text{ Mbit/s}$
 $D = 1000 \text{ km}$
 $v_p = 2 \times 10^8 \text{ m/s}$
 $L_t = 1500 \text{ bytes}$
 $L_a = 20 \text{ bytes}$
 $E \geq 95\%$
 $T_{out} = 1.5 W_{opt}$

$$T_t = \frac{L_t}{v_t} = \frac{1500 \text{ bytes}}{10 \text{ Mbit/s}} = \frac{1500 \times 8}{10 \times 10^6} = 1.2 \text{ ms}$$

$$T_a = \frac{L_a}{v_t} = \frac{20 \text{ bytes}}{10 \text{ Mbit/s}} = \frac{20 \times 8}{10 \times 10^6} = 0.016 \text{ ms}$$

$$T_p = \frac{D}{v_p} = \frac{1000 \text{ km}}{2 \times 10^8 \text{ m/s}} = \frac{1000 \times 10^3}{2 \times 10^8} = 5 \text{ ms}$$

$$T_c = T_t + T_a + 2T_p = 11.216 \text{ ms}$$

$$W_{opt} = \left\lceil \frac{T_c}{T_t} \right\rceil = \lceil 9.35 \rceil = 10 \text{ PDUs } T_t$$

$$T_{out} = 1.5 \times W_{opt} = 15 \text{ PDUs } T_t \Rightarrow 15 \times T_t = 18 \text{ ms}$$

$$E \geq 95\% = 0.95 = \frac{1}{N_t}$$

$$\text{Siendo } N_t = \frac{1}{1 - L \times P_b} \Rightarrow P_b = \frac{1}{L_t + L_a} \left(1 - \frac{1}{N_t} \right) = \frac{1}{(1500 + 20) \times 8} (1 - 0.95) = 4.11 \times 10^{-6}$$

Entonces para $E \geq 95\%$ necesitamos que P_b sea menor que 4.11×10^{-6} .