

Redes de Computadores

Entregable 1

Nombre: Pelayo Iglesias Manzano

Ejercicio 1 (3 puntos)

Se tienen 3 estaciones (A, B y C) que comparten por multiplexación de frecuencias un mismo medio con un ancho de banda de 6 Mhz, dividido de forma equitativa entre las 3 estaciones. De las estaciones, A y C transmiten a 4 Mbps, mientras que B transmite a 500 kbps. Si se tiene en cuenta que el medio compartido es ruidoso, que A y C transmiten a la misma potencia y que la SNR_{dB} de B es 10 dB inferior a la de A, se quiere saber:

- a) Qué relación señal a ruido en decibelios debe tener cada una de las estaciones para que se pueda hacer un reparto de frecuencias como el propuesto. (1 punto)

Ejercicio 1

$B = 6 \text{ Mhz}$
 $\rightarrow A \rightarrow 2 \text{ Mhz}$
 $\rightarrow B \rightarrow 2 \text{ Mhz}$
 $\rightarrow C \rightarrow 2 \text{ Mhz}$

$C_A = C_C = 4 \text{ Mbps}$
 $C_B = 500 \text{ kbps} = 0.5 \text{ Mbps}$
 $SNR_{dB D} = SNR_{dB A} - 10 \text{ dB}$

$\textcircled{a} \text{ Shannon} \rightarrow C = B \cdot \log_2(1 + SNR)$
 $C_{A,C} = B_{A,C} \cdot \log_2(1 + SNR_{A,C}) \Rightarrow$
 $4 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6 \cdot \log_2(1 + SNR_{A,C}) \Rightarrow$
 $SNR_{A,C} = 2^{4/2} - 1 = 3$
 $\text{Shannon} \rightarrow SNR_{dB} = 10 \cdot \log_{10}(SNR)$
 $SNR_{dB A,C} = 10 \cdot \log_{10}(SNR_{A,C}) = 4.77 \text{ dB}$
 $SNR_{dB B} = 4.77 - 10 = -5.23 \text{ dB}$
 $SNR_{dB B} = 10 \cdot \log_{10}(SNR_B) \rightarrow SNR_B = 10^{SNR_{dB B}/10} = 0.3$
 $C_{A,C} = B_{A,C} \cdot \log_2(1 + SNR_B) \rightarrow B_{A,C} = \frac{4 \cdot 10^6}{\log_2(1 + 0.3)} = 10.568 \text{ Mhz}$
 SNR_B no permite transmitir a todas las estaciones, porque 10.568 Mhz es mayor que 2 Mhz , el cual es el ancho de banda de las 3 estaciones.
 $C_B = B_B \cdot \log_2(1 + SNR_{A,C}) \rightarrow B_B = \frac{0.5 \cdot 10^6}{\log_2(1 + 3)} = 0.25 \text{ Mhz}$
 0.25 Mhz es menor que 2 Mhz , por lo tanto, $SNR_{A,C}$ permite transmitir a todas las estaciones.
 la relación señal a ruido de las estaciones será: $SNR_{dB} = 4.77 \text{ dB}$

- b) Si el reparto de frecuencias propuesto es óptimo o no y por qué. En caso de no serlo, indicar cuánto espectro se está desperdiciando. (0,5 puntos)

⑥ No es óptimo. las estaciones usan menos ancho de banda del que poseen.

$$B_A + B_B + B_C = \underbrace{(2 \cdot 10^6) \cdot 2}_{B_A = B_C} + 0'25 \cdot 10^6 = 4'25 \text{ MHz}$$

$$6 \text{ MHz} - 4'25 \text{ MHz} = \boxed{1'75 \text{ MHz}}$$

- c) En caso de que el reparto no sea óptimo, proponer un nuevo reparto de frecuencias y calcular la nueva relación señal a ruido en decibelios que debería tener el canal. **Nota:** Si no puedes encontrar una respuesta analítica, utiliza algún programa tipo MATLAB para obtener una aproximación experimental. (1,5 puntos)

$$\textcircled{c} \quad B_A = B_C = \frac{4 \cdot 10^6}{\log_2(1 + \text{SNR}_{A/C})} \quad // \quad B_B = \frac{0'5 \cdot 10^6}{\log_2(1 + \text{SNR}_B)}$$

$$B_A + B_B + B_C = 6 \cdot 10^6 \Rightarrow 2B_A + B_C = 6 \cdot 10^6$$

$$\text{SNR}_{dB_A} = 10 \cdot \log_{10}(\text{SNR}_A) \rightarrow \text{SNR}_A = 10^{\text{SNR}_{dB_A}/10}$$

$$\text{SNR}_{dB_B} = 10 \cdot \log_{10}(\text{SNR}_B) - 10 \rightarrow \text{SNR}_B = 10^{[\text{SNR}_{dB_A} - 10]/10}$$

$$2B_A + B_C = 6 \cdot 10^6 \Rightarrow 2 \cdot \left(\frac{4 \cdot 10^6}{\log_2(1 + 10^{\text{SNR}_{dB_A}/10})} \right) + \frac{0'5 \cdot 10^6}{\log_2(1 + 10^{[\text{SNR}_{dB_A} - 10]/10})} = 6 \cdot 10^6$$

Calculamos con Matlab: $\text{SNR}_{dB_A} = 3'957 \text{ dB}$

$$\text{SNR}_A = 10^{\text{SNR}_{dB_A}/10} = \boxed{2'487} = \text{SNR}_C$$

$$\text{SNR}_B = 10^{[\text{SNR}_{dB_A} - 10]/10} = \boxed{0'249}$$

$$\text{SNR}_{dB_{A/C}} = \boxed{3'957 \text{ dB}}$$

$$\text{SNR}_{dB_B} = 3'957 - 10 = \boxed{-6'043 \text{ dB}}$$



```
>> syms x
>> solve (2*(4*10^6/log2(1+10^(x/10)))+(0.5*10^6/log2(1+10^((x-10)/10)))==6*10^6,x)
Warning: Unable to solve symbolically. Returning a numeric solution using vpasolve.
> In sym/solve (line 304)

ans =

3.9567175592750942472526282543716
```

Ejercicio 2 (2 puntos)

Se tiene una señal con un ancho de banda de 350 khz la cual quiere digitalizarse utilizando PCM. Si se tienen 10 bits para codificar la señal y los valores analógicos de intensidad de la señal van desde los -20 hasta los 40 grados centígrados, se quiere saber:

- a) El error máximo (medido en grados) que se obtiene al realizar la conversión de valores analógicos a digitales y por qué se obtiene ese valor. (0,75 puntos)

Ejercicio 2

$B = 350 \text{ kHz}$
 $10 \text{ bits} \Rightarrow M = 2^{10}$
 $-20^\circ\text{C} \rightarrow 40^\circ\text{C}$

② $E = \frac{\text{Dif. grados}}{M \cdot 2} \Rightarrow E = \frac{40 - (-20)}{2^{10} \cdot 2} \Rightarrow$
 $E = 0'029^\circ\text{C}$

- b) El número necesario de bits para codificar la señal si se quiere que dicho error sea menor que 0,005 grados. (0,75 puntos)

① $E < 0'005^\circ\text{C}$ $n^\circ \text{ bits} = ?$

$0'005 = \frac{40 - (-20)}{2^n \cdot 2} = \frac{60}{2^{n+1}} \rightarrow 0'005 \cdot 2^{n+1} = 60 \rightarrow 2^{n+1} = \frac{60}{0'005} \rightarrow$
 $2^{n+1} = 12000 \rightarrow n+1 = \log_2(12000) \rightarrow n = 13'551 - 1 \rightarrow n = 12'551$
 Redondeamos 12'551 a $\boxed{13}$, y así ya tendríamos el n° de bits necesario.

- c) El ancho de banda necesario para transmitir la información para cada uno de los apartados a y b por un canal no ruidoso si la señal se muestrea a 10.000 muestras/s. (0,5 puntos)

$$\textcircled{E} \text{ Nyquist} \rightarrow C = 2 \cdot B \cdot \log_2(M) \Rightarrow B = \frac{C}{2 \cdot \log_2(M)}$$

$$C = \text{muestras/s} \cdot n^{\circ} \text{ bits}$$

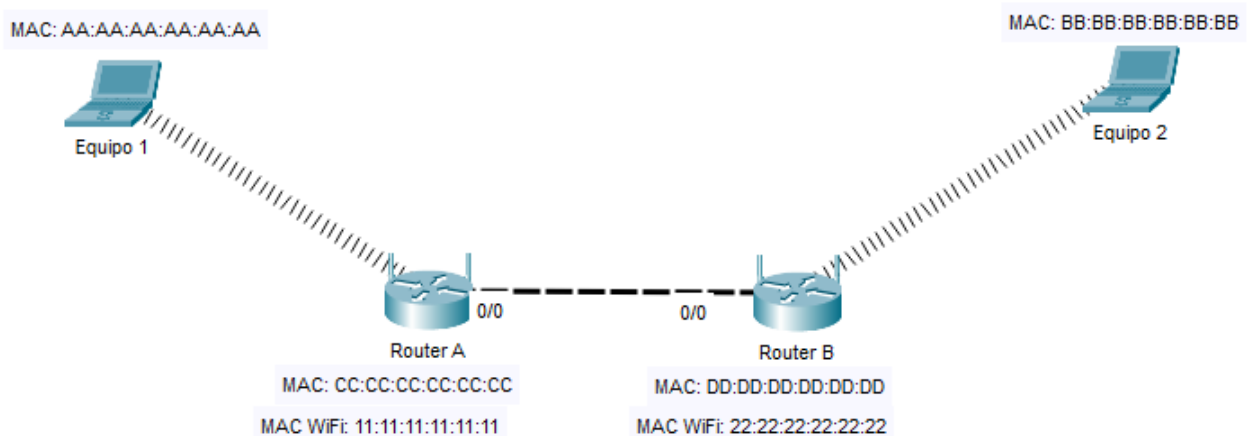
$$B_{(a)} = \frac{10000 \cdot 10}{2 \cdot \log_2(2^{10})} = \boxed{5000 \text{ Hz}} \rightarrow \text{Apartado a} \rightarrow 10 \text{ bits}$$

$$B_{(b)} = \frac{10000 \cdot 13}{2 \cdot \log_2(2^{13})} = \boxed{5000 \text{ Hz}} \rightarrow \text{Apartado b} \rightarrow 13 \text{ bits}$$

Ejercicio 3 (3 puntos)

Se tiene una red como la de la figura, en la que los Equipos 1 y 2 son portátiles conectados mediante WiFi a los Router A y B, que tienen una conexión cableada entre ellos.

Si se asume que un administrador ha configurado de forma estática las IPs de los dos *routers* y del Equipo 1, mientras que el Equipo 2 ha obtenido la suya del Router B mediante DHCP. Tras esto, el Equipo 1 envía un ping al Equipo 2 y este le responde. **Describe el proceso de mensajes intercambiados** (asume como punto de inicio del envío del mensaje el instante después de que el Equipo 2 recibe su IP mediante DHCP), explicando por qué se genera cada mensaje a nivel de enlace y **completa una tabla** especificando las MACs de origen y destino de cada mensaje, además del tipo de información enviada.





Nº Mensaje	Origen	Destino	MAC Origen	MAC Destino	Datos
1	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Pet. ARP
2	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Resp. ARP
3	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	RTS
4	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	FF:FF:FF:FF:FF:FF	CTS
5	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	Datos
6	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	ACK
7	Router A	Router B	CC:CC:CC:CC:CC:CC	FF:FF:FF:FF:FF:FF	Pet. ARP
8	Router B	Router A	DD:DD:DD:DD:DD:DD	CC:CC:CC:CC:CC:CC	Resp. ARP
9	Router A	Router B	CC:CC:CC:CC:CC:CC	DD:DD:DD:DD:DD:DD	Datos
10	Router B	Equipo 2	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	RTS
11	Equipo 2	Router B	BB:BB:BB:BB:BB:BB	FF:FF:FF:FF:FF:FF	CTS
12	Router B	Equipo 2	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	Datos
13	Equipo 2	Router B	BB:BB:BB:BB:BB:BB	22:22:22:22:22:22	ACK
14	Equipo 2	Router B	BB:BB:BB:BB:BB:BB	22:22:22:22:22:22	RTS
15	Router B	Equipo 2	22:22:22:22:22:22	FF:FF:FF:FF:FF:FF	CTS
16	Equipo 2	Router B	BB:BB:BB:BB:BB:BB	22:22:22:22:22:22	Datos
17	Router B	Equipo 2	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	ACK
18	Router B	Router A	DD:DD:DD:DD:DD:DD	CC:CC:CC:CC:CC:CC	Datos
19	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	RTS
20	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	FF:FF:FF:FF:FF:FF	CTS
21	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Datos
22	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	ACK

Nota: Puedes añadir las filas que consideres necesarias, la tabla no está ajustada al número de mensajes.

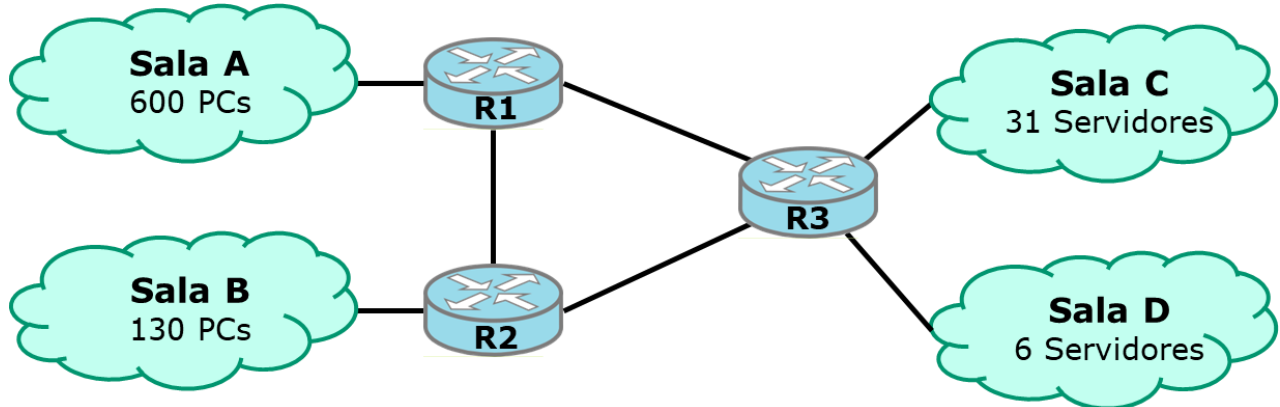
El Equipo 1 envía una petición ARP al Router A y este le responde con su MAC. El Equipo 1 bloquea el medio enviando un RTS y el Router A lo bloquea enviando un CTS, esto se hace ya que se comunican a través de una red wifi. Tras esto, el Equipo 1 envía los datos al Router A, y al finalizar, el Router A confirma enviando un ACK. El Router A envía una petición ARP al Router B para que este le conteste indicándole su MAC. Después el Router A le envía los datos al Router B. El Router B ya conoce la MAC del Equipo 2, así que directamente bloquean el medio con un RTS del Router B y un CTS del Equipo 2, ya que como en el otro caso, estos se comunican por WiFi. El Router B envía los datos al Equipo 2, y al finalizar, el Equipo 2 confirma enviando un ACK. Para la respuesta del Equipo 2 al ping enviado por el Equipo 1, ya se conocen todas las

direcciones MAC, de esta forma, el envío se realiza directamente. Aun así, hay que tener en cuenta las redes WiFi, por lo que el medio siempre se bloqueará de la misma forma que en anteriores pasos y se confirmará con ACK cuando se reciban datos. El Equipo 2 bloquea el medio con un RTS y el Router B lo hace con un CTS. El Equipo 2 le envía los datos al Router B y este se los confirma con un ACK. El Router B le envía directamente los datos al Router A. El Router A bloquea el medio con un RTS y el Equipo 1 lo hace con un CTS. El Router A le envía los datos al Equipo 1 y este le confirma con un ACK.

Ejercicio 4 (2 puntos)

Se dispone de la dirección de red 170.217.224.0/20 y se quiere dividir en subredes para formar la topología que se muestra en la figura. Calcular las direcciones base y las máscaras de subred de cada subred que es necesario crear, cumpliendo obligatoriamente el requisito de que las redes más pequeñas (incluyendo las de los *routers*) tienen que tener las IPs más bajas.

Ejemplo: La red A no puede tener el rango de IP 156.35.20.0/26 si la red B tiene el rango 156.35.20.64/26, ya que B tiene menos PCs que A, por lo que lo correcto sería que el rango 156.35.20.0/26 fuese para la B y la 156.35.20.64/26 para la A.





Ejercicio 4

170.217.224.0 /20 \Rightarrow Máscara \rightarrow 255.255.240.0

$R1-R2 \rightarrow 2 \text{ equipos} \rightarrow 2^2 - 2 = 2$
 $R1-R3 \rightarrow 2 \text{ equipos} \rightarrow 2^2 - 2 = 2$
 $R2-R3 \rightarrow 2 \text{ equipos} \rightarrow 2^2 - 2 = 2$
 $D \rightarrow 7 \text{ servidores} \rightarrow 2^4 - 2 = 14$
 $C \rightarrow 32 \text{ servidores} \rightarrow 2^6 - 2 = 62$
 $B \rightarrow 131 \text{ PCs} \rightarrow 2^8 - 2 = 254$
 $A \rightarrow 601 \text{ PCs} \rightarrow 2^{10} - 2 = 1022$

Red: 1010 1010 1101 1001 1110 | Host: 0000 0000 0000 /20

$R1-R2 \rightarrow$ 1010 1010 1101 1001 1110 0000 0000 0000 /30 \rightarrow 170.217.224.

Máscara \rightarrow 255.255.255.252

Primera \rightarrow 170.217.224.1

Broadcast \rightarrow 170.217.224.3

Última \rightarrow 170.217.224.2

$R1-R3 \rightarrow$ 1010 1010 1101 1001 1110 0000 0000 0100 /30 \rightarrow 170.217.224.4

Máscara \rightarrow 255.255.255.252

Primera \rightarrow 170.217.224.5

Broadcast \rightarrow 170.217.224.7

Última \rightarrow 170.217.224.6

$R2-R3 \rightarrow$ 1010 1010 1101 1001 1110 0000 0000 1000 /30 \rightarrow 170.217.224.8

Máscara \rightarrow 255.255.255.252

Primera \rightarrow 170.217.224.9

Broadcast \rightarrow 170.217.224.11

Última \rightarrow 170.217.224.10

$D \rightarrow$ 1010 1010 1101 1001 1110 0000 0000 1100 /28 \rightarrow ☒
 1010 1010 1101 1001 1110 0000 0000 1000 /28 \rightarrow 170.217.224.16

Máscara \rightarrow 255.255.255.240

Primera \rightarrow 170.217.224.17

Broadcast \rightarrow 170.217.224.31

Última \rightarrow 170.217.224.30



C → $\begin{array}{c} \text{Red} \\ 1010 \ 1010 \ 1101 \ 1001 \ 1110 \ 0000 \ 0010 \ 0000 \\ \hline 1010 \ 1010 \ 1101 \ 1001 \ 1110 \ 0000 \ 0100 \ 0000 \end{array} / 26 \rightarrow \boxed{\times}$

Redes → 255.255.255.192

Broadcast → 170.217.224.255

Primera → 170.217.224.65

Última → 170.217.224.126

B → $\begin{array}{c} \text{Red} \\ 1010 \ 1010 \ 1101 \ 1001 \ 1110 \ 0000 \\ \hline 1010 \ 1010 \ 1101 \ 1001 \ 1110 \ 0001 \end{array} \begin{array}{c} \text{Host} \\ 1101 \ 1010 \\ \hline 0000 \ 0000 \end{array} / 24 \rightarrow \boxed{\times}$

Redes → 255.255.255.0

Broadcast → 170.217.225.255

Primera → 170.217.225.1

Última → 170.217.225.254

A → $\begin{array}{c} \text{Red} \\ 1010 \ 1010 \ 1101 \ 1001 \ 1110 \ 0010 \\ \hline 1010 \ 1010 \ 1101 \ 1001 \ 1110 \ 0100 \end{array} \begin{array}{c} \text{Host} \\ 0000 \ 0000 \\ \hline 0000 \ 0000 \end{array} / 22 \rightarrow \boxed{\times}$

Redes → 255.255.252.0

Broadcast → 170.217.231.255

Primera → 170.217.228.1

Última → 170.217.231.254