



Redes de Computadores

Entregable 1

Nombre: Gustavo Sobrado Aller – U0286277

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)

- Estación A:

$$C = 4 \text{ Mbps} = 4 * 10^6 \text{ bps}$$

$$B = 2 \text{ MHz} = 2 * 10^6 \text{ Hz}$$

$$SNR_a = 2^{(C/B)} - 1 = 3$$

$$SNR_{dB,a} = 10 * \log_{10}(3) = 4.77 \text{ dB}$$

- Estación C:

Como la estación C tiene las mismas características que la estación A, su $SNR_{dB,c}$ también será de aproximadamente 4.77 dB.

- Estación B:

$$SNR_{dB,b} = 4.77 \text{ dB} - 10 \text{ dB} = -5.23 \text{ dB}$$

- 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)

Para determinar si el reparto es óptimo, calculamos el ancho de banda necesario para cada estación, según Shannon:

1. Estación A y C:

$$B_{ac} = \frac{C_{ac}}{\log_2(1 + SNR_{ac})} = \frac{4 * 10^6}{\log_2(1 + 3)} = \frac{4 * 10^6}{2} = 2 \text{ MHz.}$$

Utilizan 2 MHz que es lo que necesitan, correcto.



2. Estación B:

$$C = 0.5 \text{ Mbps} = 0.5 * 10^6 \text{ bps}$$

$$B = 2 \text{ MHz} = 2 * 10^6 \text{ Hz}$$

$$SNR_b = \frac{C}{2B} - 1 = \frac{0.5}{2} - 1 = 0.19$$

$$B_b = \frac{Cb}{\log_2(1 + SNR_b)} = \frac{0.5 * 10^6}{\log_2(1.19)} = \frac{0.5 * 10^6}{0.3582} = 1.39 \text{ MHz.}$$

El ancho de banda asignado a cada estación es suficiente para cumplir con las capacidades requeridas, pero la asignación equitativa no es eficiente. La estación B no necesita los 2 MHz completos porque transmite a una capacidad mucho menor.

El desperdicio de espectro viene dado por la diferencia entre el ancho de banda asignado y el realmente utilizado por la estación B:

$$\text{Desperdicio} = 2\text{MHz} - \left(\frac{0.5 * 10^6}{\log_2(1 + 0.189)} \right) = 2\text{MHz} - 1.39\text{MHz} = 0.61 \text{ MHz}$$

- 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)

Se calcula el porcentaje de capacidad de cada estación respecto al total de capacidad requerida. La fórmula utilizada es:

$$\text{Porcentaje} = \left(\frac{C_i}{C_{\text{total}}} \right) * 100$$

Estación	Capacidad requerida (Mbps)	Porcentaje (%)
A	4	47.05
B	0.5	5.88
C	4	47.05
Total	8.5	100



El ancho de banda asignado se calcula como:

$$B_i = \text{Porcentaje}(i) * 6 \text{ MHz}$$

Estación	Porcentaje (%)	Ancho de Banda Asignado (MHz)
A	47.05	2.82
B	5.88	0.35
C	47.05	2.82
Total	100	6.00

La relación señal-ruido se calcula utilizando el Teorema de Shannon:

$$C = B * \log_2(1 + SNR)$$

Resolviendo para SNR, se utiliza la fórmula inversa:

$$SNR = 2^{\frac{C}{B}} - 1$$

Como la SNR de B es 10 dB inferior a la de A, ajustamos:

$$SNR_b = SNR_a - 10 = 2.25 - 10 = -7.75 \text{ db}$$

Estación	Capacidad (Mbps)	Ancho de Banda (MHz)	SNR (dB)
A	4	2.82	2.25
B	0.5	0.35	-7.75
C	4	2.82	2.25



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)

Dado que la señal se digitaliza con 10 bits, el rango de valores analógicos se divide en $2^{10} = 1024$ niveles.

$$\text{RangoTotal} = 40 - (-20) = 60 \text{ grados}$$

$$\text{TamañoPaso} = \text{RangoTotal} / \text{Niveles} = 60 / 1024 = 0.0586 \text{ grados}$$

$$\text{ErrorMaximo} = \text{TamañoPaso} / 2 = 0.0293 \text{ grados}$$

Por lo tanto, el error máximo es de aproximadamente 0.0293 grados.

- 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)

Para lograr un error máximo menor de 0.005 grados, calculamos el número de niveles necesarios y, a partir de eso, el número de bits.

$$\text{TamañoPasoDeseado} = 2 \times 0.005 = 0.01 \text{ grados}$$

$$\text{NivelesNecesarios} = \text{RangoTotal} / \text{TamañoPasoDeseado} = 60 / 0.01 = 6000$$

Para representar 6000 niveles, necesitaríamos un número de bits tal que $2^n \geq 6000$

$$n\text{Bits} = \log_2(6000) = 12.55 = 13 \text{ bits}$$

Por lo tanto, se necesitan 13 bits para que el error sea menor a 0.005 grados.



- 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)

El ancho de banda necesario B para transmitir información en un canal sin ruido viene dado por:

$$B = \frac{C}{2 * \log_2(M)}$$

donde:

- C: capacidad total del canal (en bits por segundo), que depende de la frecuencia de muestreo (fm) y el número de bits por muestra (n).
- $M=2^n$: el número de niveles de cuantificación.

Se omite en ambos el cálculo del logaritmo, ya que $\log_2(M) = \log_2(2^n) = n$.

1. Apartado a (n = 10):

- Capacidad del canal:

$$C = 10000 \cdot 10 = 100000 \text{ bps.}$$

- Ancho de banda necesario:

$$B = \frac{100000}{2 * 10} = 5000 \text{ Hz} = 5 \text{ KHz}$$

2. Apartado b (n = 13):

- Capacidad del canal:

$$C = 10000 \cdot 13 = 130000 \text{ bps.}$$

- Ancho de banda necesario:

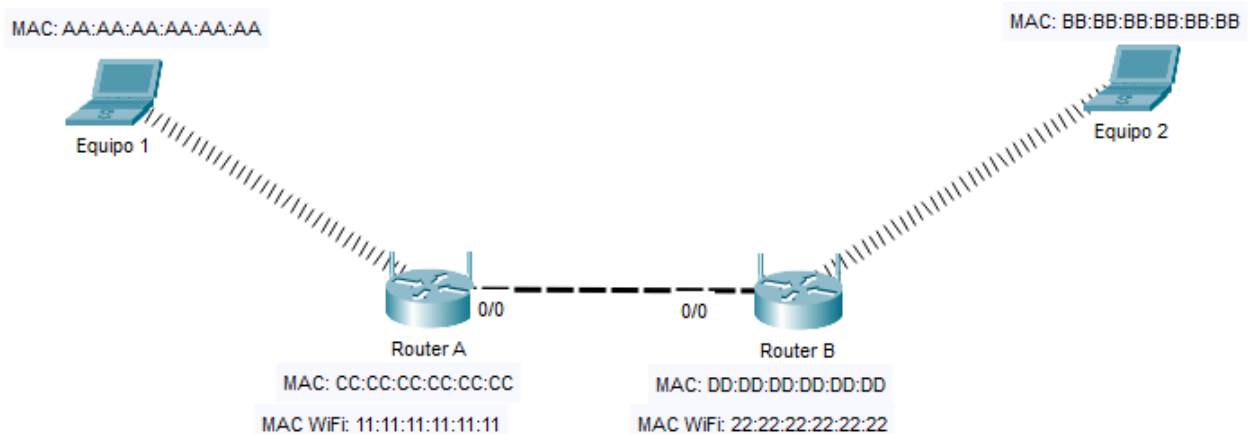
$$B = \frac{130000}{2 * 13} = 5000 \text{ Hz} = 5 \text{ KHz}$$

El ancho de banda necesario para transmitir la señal es 5 kHz en ambos casos, ya que el criterio de Nyquist únicamente depende de la frecuencia de muestreo en un canal sin ruido, y no del número de bits por muestra.

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	Origen	Destino	MAC Origen	MAC Destino	Datos
1	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	RTS
2	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	CTS
3	Equipo 1	Broadcast	AA:AA:AA:AA:AA:AA	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP Request
4	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	RTS
5	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	CTS
6	Router A	Equipo 1	11:11:11:11:11:11	AA:AA:AA:AA:AA:AA	ARP Reply
7	Equipo 1	Router A	AA:AA:AA:AA:AA:AA	11:11:11:11:11:11	ACK
8	Router A	Broadcast	CC:CC:CC:CC:CC:CC	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP Request
9	Router B	Router A	DD:DD:DD:DD:DD:DD	CC:CC:CC:CC:CC:CC	ARP Reply
10	Router B	Broadcast	DD:DD:DD:DD:DD:DD	FF:FF:FF:FF:FF:FF	ARP Request
11	Router B	Equipo 2	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	RTS
12	Equipo 2	Router B	BB:BB:BB:BB:BB:BB	22:22:22:22:22:22	CTS



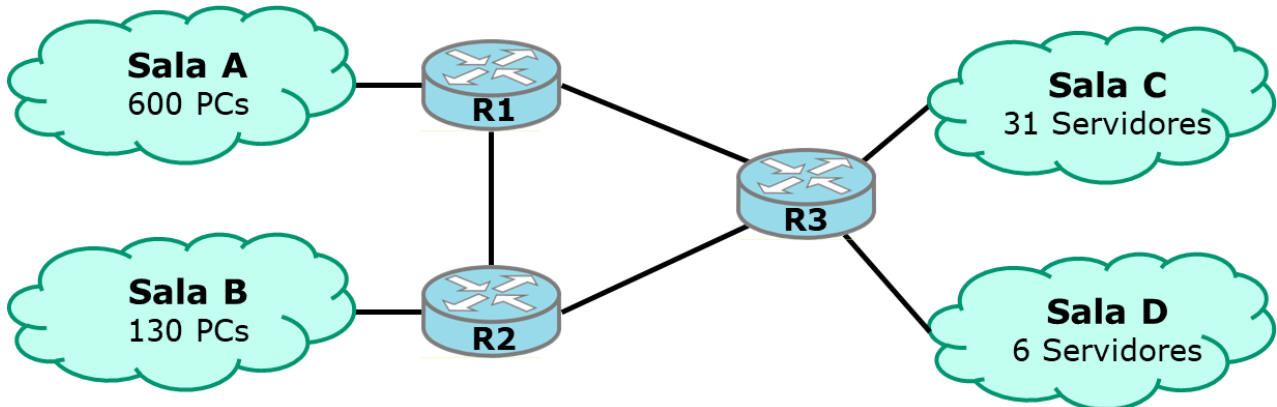
13	Equipo 2	Router B	BB:BB:BB:BB:BB:BB	22:22:22:22:22:22	ARP Reply
14	Router B	Equipo 2	22:22:22:22:22:22	BB:BB:BB:BB:BB:BB	ACK
15	Equipo 1	Equipo 2	AA:AA:AA:AA:AA:AA	BB:BB:BB:BB:BB:BB	RTS
16	Equipo 2	Equipo 1	BB:BB:BB:BB:BB:BB	AA:AA:AA:AA:AA:AA	CTS
17	Equipo 1	Equipo 2	AA:AA:AA:AA:AA:AA	BB:BB:BB:BB:BB:BB	Ping
18	Equipo 2	Equipo 1	BB:BB:BB:BB:BB:BB	AA:AA:AA:AA:AA:AA	ACK
19	Equipo 2	Equipo 1	BB:BB:BB:BB:BB:BB	AA:AA:AA:AA:AA:AA	Pong
20	Equipo 1	Equipo 2	AA:AA:AA:AA:AA:AA	BB:BB:BB:BB:BB:BB	ACK

1. **Equipo 1 → Router A (RTS):** El Equipo 1 solicita permiso al Router A para iniciar la transmisión.
2. **Router A → Equipo 1 (CTS):** El Router A responde autorizando la transmisión.
3. **Equipo 1 → Broadcast (ARP Request):** El Equipo 1 envía un mensaje ARP para conocer la dirección MAC del Router A.
4. **Router A → Equipo 1 (ARP Reply):** El Router A responde al ARP proporcionando su dirección MAC.
5. **Equipo 1 → Router A (RTS):** El Equipo 1 vuelve a solicitar permiso al Router A para enviar más datos.
6. **Router A → Equipo 1 (CTS):** El Router A autoriza la transmisión.
7. **Equipo 1 → Router A (ACK):** El Equipo 1 confirma la recepción de datos anteriores con un mensaje ACK.
8. **Router A → Broadcast (ARP Request):** El Router A envía un ARP para resolver la MAC del Router B.
9. **Router B → Router A (ARP Reply):** El Router B responde al ARP con su dirección MAC.
10. **Router B → Broadcast (ARP Request):** El Router B envía un ARP para conocer la MAC del Equipo 2.
11. **Router B → Equipo 2 (RTS):** El Router B solicita permiso al Equipo 2 para enviar datos.
12. **Equipo 2 → Router B (CTS):** El Equipo 2 autoriza la transmisión.
13. **Equipo 2 → Router B (ARP Reply):** El Equipo 2 responde al ARP proporcionando su dirección MAC.
14. **Router B → Equipo 2 (ACK):** El Router B confirma la recepción de datos anteriores con un mensaje ACK.
15. **Equipo 1 → Equipo 2 (RTS):** El Equipo 1 solicita permiso para enviar el paquete ICMP (Ping) al Equipo 2.
16. **Equipo 2 → Equipo 1 (CTS):** El Equipo 2 responde autorizando la transmisión.
17. **Equipo 1 → Equipo 2 (Ping):** El Equipo 1 envía un paquete ICMP (Ping) al Equipo 2.
18. **Equipo 2 → Equipo 1 (ACK):** El Equipo 2 confirma la recepción del paquete Ping.
19. **Equipo 2 → Equipo 1 (Pong):** El Equipo 2 responde al Ping con un paquete ICMP Pong.
20. **Equipo 1 → Equipo 2 (ACK):** El Equipo 1 confirma la recepción del paquete Pong.

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.



1. Enlace R1-R2

- **Requisito:** 2 hosts → 4 direcciones necesarias (2 + 2 para red y broadcast).
- **Tamaño:** $2^2=4$ direcciones → máscara /30.
- **Cálculo:**
 - Dirección base: **170.217.224.0** (múltiplo de 4).
 - Dirección de red: **170.217.224.0**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.224.3**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.224.1 - 170.217.224.2.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.11100000.000000**00**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.11100000.000000**11**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.224.0/30.
 - Máscara: 255.255.255.252.



2. Enlace R1-R3

- **Requisito:** 2 hosts → 4 direcciones necesarias.
- **Tamaño:** $2^2=4$ direcciones → máscara /30.
- **Cálculo:**
 - La red anterior termina en **170.217.224.3**. El siguiente múltiplo de 4 es **170.217.224.4**.
 - Dirección base: **170.217.224.4**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.224.7**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.224.5 - 170.217.224.6.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.11100000.000001**00**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.11100000.000001**11**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.224.4/30.
 - Máscara: 255.255.255.252.

3. Enlace R2-R3

- **Requisito:** 2 hosts → 4 direcciones necesarias.
- **Tamaño:** $2^2=4$ direcciones → máscara /30.
- **Cálculo:**
 - La red anterior termina en **170.217.224.7**. El siguiente múltiplo de 4 es **170.217.224.8**.
 - Dirección base: **170.217.224.8**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.224.11**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.224.9 - 170.217.224.10.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.11100000.000010**00**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.11100000.000010**11**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.224.8/30.
 - Máscara: 255.255.255.252.



4. Sala D

- **Requisito:** 6 hosts \rightarrow 8 direcciones necesarias (6 + 2).
- **Tamaño:** $2^3=8$ direcciones \rightarrow máscara /29.
- **Cálculo:**
 - La red anterior termina en **170.217.224.11**. El siguiente múltiplo de 8 es **170.217.224.16**.
 - Dirección base: **170.217.224.16**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.224.23**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.224.17 - 170.217.224.22.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.11100000.00010**000**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.11100000.00010**111**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.224.16/29.
 - Máscara: 255.255.255.248.

5. Sala C

- **Requisito:** 31 hosts \rightarrow 33 direcciones necesarias.
- **Tamaño:** $2^6=64$ direcciones \rightarrow máscara /26.
- **Cálculo:**
 - La red anterior termina en **170.217.224.23**. El siguiente múltiplo de 64 es **170.217.224.64**.
 - Dirección base: **170.217.224.64**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.224.127**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.224.65 - 170.217.224.126.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.11100000.01**000000**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.11100000.01**111111**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.224.64/26.
 - Máscara: 255.255.255.192.



6. Sala B

- **Requisito:** 130 hosts → 132 direcciones necesarias.
- **Tamaño:** $2^8=256$ direcciones → máscara /24.
- **Cálculo:**
 - La red anterior termina en **170.217.224.127**. El siguiente múltiplo de 256 es **170.217.225.0**.
 - Dirección base: **170.217.225.0**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.225.255**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.225.1 - 170.217.225.254.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.11100001.**00000000**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.11100001.**11111111**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.225.0/24.
 - Máscara: 255.255.255.0.

7. Sala A

- **Requisito:** 600 hosts → 602 direcciones necesarias.
- **Tamaño:** $2^{10}=1024$ direcciones → máscara /22.
- **Cálculo:**
 - La red anterior termina en 170.217.225.255. El siguiente múltiplo de 1024 es **170.217.228.0**.
 - Dirección base: **170.217.228.0**.
 - Dirección de broadcast: **170.217.231.255**.
 - **Rango de hosts:** 170.217.228.1 - 170.217.231.254.
- **Binario:**
 - Dirección base: 10101010.11011001.111001**00.00000000**.
 - Broadcast: 10101010.11011001.111001**11.11111111**.
- **Resultado:**
 - Red: 170.217.228.0/22.
 - Máscara: 255.255.252.0.



Subred	Dirección Base	Máscara CIDR	Máscara Completa	Rango de Host	Cantidad IP Útiles
Enlace R1-R2	170.217.224.0	/30	255.255.255.252	170.217.224.1 - 170.217.224.2	2
Enlace R1-R3	170.217.224.4	/30	255.255.255.252	170.217.224.5 - 170.217.224.6	2
Enlace R2-R3	170.217.224.8	/30	255.255.255.252	170.217.224.9 - 170.217.224.10	2
Sala D	170.217.224.16	/29	255.255.255.248	170.217.224.17 - 170.217.224.22	6
Sala C	170.217.224.64	/26	255.255.255.192	170.217.224.65 - 170.217.224.126	62
Sala B	170.217.225.0	/24	255.255.255.0	170.217.225.1 - 170.217.225.254	254
Sala A	170.217.228.0	/22	255.255.252.0	170.217.228.1 - 170.217.231.254	1022