**Redes de Computadores**

**Entregable 1**

|  |
| --- |
| Nombre: Gustavo Sobrado Aller – UO286277 |

# 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 SNRdB de B es 10 dB inferior a la de A, se quiere saber:

1. 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 Mbps = 4 \* 10^6 bps

B = 2 MHz = 2 \* 10^6 Hz

SNRa = 2^(C/B) – 1 = 3

SNRdB,a = 10 \* log10 (3) = 4.77 db

* Estación C:

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

* Estación B:

SNRdB,b = 4.77 db - 10 db = -5.23 db

1. 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:

Utilizan 2 MHz que es lo que necesitan, correcto.

1. Estación B:

C = 0.5 Mbps = 0.5 \* 10^6 bps

B = 2 MHz = 2 \* 10^6 Hz

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:

1. 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:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 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:

Resolviendo para SNR, se utiliza la fórmula inversa:

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

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 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:

1. 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.

RangoTotal = 40 – (-20) = 60 grados

TamañoPaso = RangoTotal/Niveles = 60/1024 = 0.0586 grados

ErrorMaximo = TamañoPaso/2 = 0.0293 grados

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

1. 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.

TamañoPasoDeseado = 2 x 0.005 = 0.01 grados

NivelesNecesarios = RangoTotal/TamañoPasoDeseado = 60/0.01 = 6000

Para representar 6000 niveles, necesitaríamos un numero de bits tal que 2^n >= 6000

nBits = log2(6000) = 12.55 = 13 bits

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

1. 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:

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

* 1. Apartado a (n = 10):
     + Capacidad del canal:
     + Ancho de banda necesario:
  2. Apartado b (n = 13):
     + Capacidad del canal:
     + Ancho de banda necesario:

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.

Escala de tiempo

Descripción generada automáticamente con confianza media

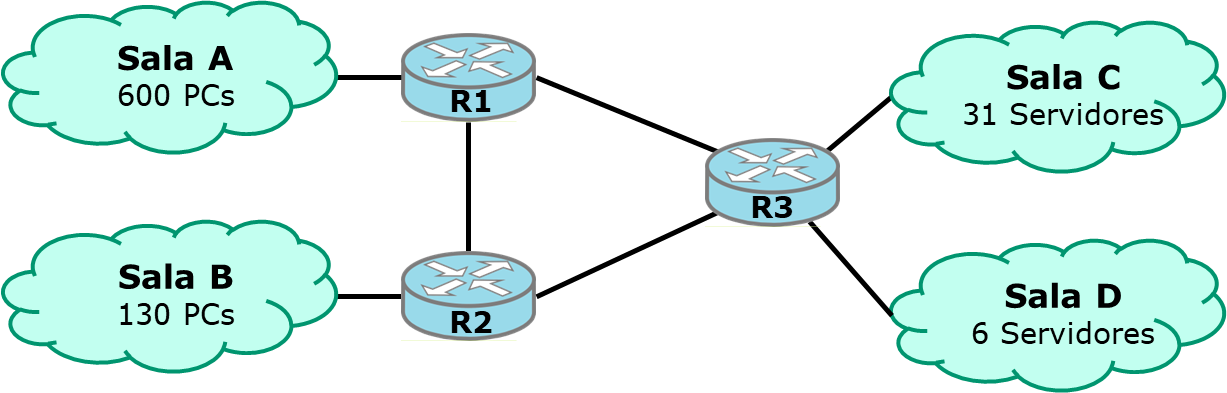
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nº** | **Origen** | **Destino** | **MAC Origen** | **MAC Destino** | **Datos** |
| 1 | Equipo 1 | Router A | AA:AA:AA:AA:AA:AA | 11:11:11:11:11:11 | RTS |
| 2 | Router A | Equipo 1 | 11:11:11:11:11:11 | AA:AA:AA:AA:AA:AA | CTS |
| 3 | Equipo 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.



### 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: 10101010.11011001.11100000.00000000.
* Broadcast: 10101010.11011001.11100000.00000011.
* **Resultado:**
* Red: 170.217.224.0/30.
* Máscara: 255.255.255.252.

### 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: 10101010.11011001.11100000.00000100.
* Broadcast: 10101010.11011001.11100000.00000111.
* **Resultado:**
* Red: 170.217.224.4/30.
* Máscara: 255.255.255.252.

### 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: 10101010.11011001.11100000.00001000.
* Broadcast: 10101010.11011001.11100000.00001011.
* **Resultado:**
* Red: 170.217.224.8/30.
* Máscara: 255.255.255.252.

### Sala D

* **Requisito:** 6 hosts → 8 direcciones necesarias (6 + 2).
* **Tamaño:** 2^3=8 direcciones → 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: 10101010.11011001.11100000.00010000.
* Broadcast: 10101010.11011001.11100000.00010111.
* **Resultado:**
* Red: 170.217.224.16/29.
* Máscara: 255.255.255.248.

### Sala C

* **Requisito:** 31 hosts → 33 direcciones necesarias.
* **Tamaño:** 2^6=64 direcciones → 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: 10101010.11011001.11100000.01000000.
* Broadcast: 10101010.11011001.11100000.01111111.
* **Resultado:**
* Red: 170.217.224.64/26.
* Máscara: 255.255.255.192.

### 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.

### 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. Elsiguiente 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: 10101010.11011001.11100100.00000000.
* Broadcast: 10101010.11011001.11100111.11111111.
* **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 |